

Humboldt- Universität zu Berlin

DISSERTATION

**Analyse und Bewertung von Parametern
der Produktionsumwelt bei der
Milchgewinnung mit automatischen
Melksystemen (AMS).**

Zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum agriculturarum (Dr. rer. agr.)

Landwirtschaftlich- Gärtnerische Fakultät

vorgelegt von: Dipl.-Ing. agr. Jens Unrath

geb. am 18.07.1972 in Pritzwalk

Dekan: Prof. Dr. Uwe Jens Nagel

Gutachter: 1. Prof. Dr. Otto Kaufmann
2. Prof. Dr. Franz- Josef Bockisch
3. Dr. habil. Johannes Wolf

eingereicht: 13.04.2004

Datum der Promotion: 15.07.2004

Gefördert durch das Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt- Universität zu Berlin (IASP) des Vereins zur Förderung agrar- und stadtökologischer Projekte e.V. (A.S.P.).

Meiner Familie
und
Jasmin

Inhaltsverzeichnis

<u>Abkürzungsverzeichnis</u>	VII
<u>Tabellenverzeichnis</u>	IX
<u>Abbildungsverzeichnis</u>	XI
1 Einleitung und Problemstellung	14
2 Kenntnisstand	17
2.1 Qualität und Prozessqualität als Modelle	17
2.2 Prozessqualität bei der Milchgewinnung	18
2.3 Automatisches Melken und Automatische Melksysteme (AMS)	19
2.3.1 Milchqualität und Melken	22
2.3.2 Milchhygienerecht	25
2.3.3 Stress auslösende Faktoren	25
2.4 Stallklima und Produktionsumwelt	26
2.4.1 Begriffsabgrenzung	26
2.4.2 Allgemeine Parameter	27
2.4.3 Richtlinien und Normen	29
2.4.4 Stallluft	29
2.4.4.1 Temperatur und Luftfeuchte	29
2.4.4.2 Komponenten der Stallluft	31
2.4.5 Ausgewählte Parameter der Akustik	34

2.4.5.1	Funktionsprinzip von Schallpegelmessern	37
2.4.5.2	Schallbewertung und Immissionsrichtwerte	39
2.4.5.3	Hörvermögen von Nutztieren	40
2.4.5.4	Schall und seine Auswirkungen auf das Tier	41
2.4.6	Stallkeimflora	43
2.4.6.1	Erfassung von Keimen	46
2.4.6.2	Digitale Bildverarbeitung als Möglichkeit der Erfassung von Verschmutzungen	47
3	Eigene Untersuchungen, Material, Methode und Tiere	48
3.1	Stallgebäude	48
3.1.1	Melkeinheit	48
3.1.2	Verwendete Messtechnik	49
3.1.3	Messprogramme	50
3.1.3.1	Analyse von Temperatur und Luftfeuchte	50
3.1.3.2	Stallluftanalyse	50
3.1.3.3	Schallanalyse	52
3.1.3.4	Analyse des Verschmutzungsgrades und des Keimgehaltes	53
3.1.3.5	Statistische Methoden	55
4	Ergebnisse der Untersuchungen	57
4.1	Temperatur	57
4.2	Relative Luftfeuchte	60
4.3	Luftzusammensetzung	64

4.3.1	Ammoniak	64
4.3.2	Kohlendioxid	67
4.3.3	Methan	71
4.4	Schallsituation und topographische Schallverteilung	75
4.5	Verschmutzung und Keimsituation	81
4.6	Tierverhalten in der Melkbox	83
5	Diskussion	86
5.1	Temperatur	86
5.2	Relative Luftfeuchte	88
5.3	Luftzusammensetzung	90
5.3.1	Ammoniak	90
5.3.2	Kohlendioxid	92
5.3.3	Methan	94
5.4	Schallpegel	96
5.5	Verschmutzung und Keimsituation	100
5.6	Tierverhalten in der Melkbox	101
6	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	103
7	Literaturverzeichnis	112
8	Anhang	125

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung bzw. Abbildungen
AEL	Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V.
AMS	Automatisches Melksystem, Abkürzung gilt sowohl im Singular als auch im Plural
AMV	Automatisches Melkverfahren
BMVEL	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
dB (A)	Dezibel im Bewertungsmaßstab A
°C	Grad Celsius
DGV	Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V.
FGM	Fischgrätenmelkstand, Abkürzung gilt sowohl im Singular als auch im Plural
GH	Gigahertz
GV	Großvieheinheit
Hz	Hertz
IBR	Infektiöse bovine Rhinotracheitis (fiebrhafte Erkrankung der Atmungsorgane des Rindes)
IPV	Infektiöse pustulöse Vulvovaginitis (Bläschenausschlag im Scheidenvorhof bzw. in der Scheide)
KBE	Kolonie Bildende Einheit
kHz	Kilohertz
kWh	Kilowattstunde
L_{eq}	äquivalenter Dauerschalldruckpegel
LKV	Landeskontrollverband
MAK	maximale Arbeitsplatzkonzentration
mbar	Millibar
MJ	Megajoule
MKS	Maul- und Klauenseuche
P	gemessener Schalldruck
Pa	Pascal
P_{ref}	Referenzschalldruck

ppm	parts per million
Q_1	25% Quartil
Q_2	50% Quartil
Q_3	75% Quartil
SSP	Schmutzsammelprobe
Tab.	Tabelle
TA Lärm	Technische Anleitung Lärm
TMR	Totale Mischration
VMS	Voluntary Milking System
X_{\max}	Maximalwert
X_{\min}	Minimalwert
μPa	Mikropascal
μbar	Mikrobar

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Mikrobielle Kontaminationsquellen von Rohmilch und deren Keimeintrag	23
Tabelle 2:	Auswahl an Erregern von Eutergesundheitsstörungen	24
Tabelle 3:	Technische Indikatoren des Stallklimas und deren Auswirkung auf die Tiere.....	28
Tabelle 4:	Ausgewählte Stallluftkomponenten und ihre Wirkung auf den tierischen Organismus	34
Tabelle 5:	Immissionsrichtwerte für außerhalb von Gebäuden liegende Immissionsorte	39
Tabelle 6:	Hörbereich verschiedener Nutztiere und des Menschen, ermittelt durch Audiogramme	41
Tabelle 7:	Gesamtzahl der KBE von den Mattenoberseiten in drei Ställen (Mittelwerte, log KBE /g),	45
Tabelle 8:	Keimsammelmethoden aus der Stallluft und von Stalloberflächen	46
Tabelle 9:	Maße des Stalles und Stallraumvolumina	48
Tabelle 10:	Eingesetzte Messtechnik zur Datenerfassung	49
Tabelle 11:	Anzahl der Messpunkte für die Parameter Temperatur und rel. Luftfeuchte und deren Verteilung	50
Tabelle 12:	Anzahl der Messwerte in allen Versuchen	51
Tabelle 13:	Anzahl der Messpunkte für die Erfassung der Qualität der Umgebungsluft und deren Verteilung.....	52
Tabelle 14:	Schema der Probenahme an den Messpunkten Melkbecherkopf, Getriebelock der Reinigungsbürsten, Ansetzarm des Roboters.....	54
Tabelle 15:	Temperaturen im AMS, Stall und Außenbereich unter Sommer- und Winterbedingungen (in °C)	60
Tabelle 16:	Spannweiten sowie Quartil- und ausgewählte Percentilwerte rel. Luftfeuchte unter Sommer- und Winterbedingungen (in %).	63
Tabelle 17:	Spannweiten sowie Quartil- und ausgewählte Percentilwerte der Ammoniakkonzentration unter Übergangs- und Sommerbedingungen (in mg/m ³)	67
Tabelle 18:	Spannweiten sowie Quartil- und ausgewählte Percentilwerte der Kohlendioxidkonzentration unter Übergangs- und Sommerbedingungen (in mg/m ³)	70

Tabelle 19:	Spannweiten sowie Quartil- und ausgewählte Percentilwerte der Methankonzentration unter Übergangs- und Sommerbedingungen (in mg/m ³)	74
Tabelle 20:	Schallmessung im Kopfbereich einer Kuh während einer Melkung im AMS, Maximal- und Minimalwerte sowie die prozentuale Verteilung der Daten	76
Tabelle 21:	Lärmverteilung um das AMS an zwölf Messpunkten mit insgesamt 17 Pegelmessungen sortiert nach Pegelhöhen.	80
Tabelle 22:	Richtwerte für die Optimaltemperatur für Rinder nach unterschiedlichen Klimatisierungsnormen (in °C).....	87
Tabelle 23:	Optimalbereiche für die rel. Luftfeuchte für landwirtschaftliche Nutztiere (in %)	89
Tabelle 24:	Richtlinien für den Gehalt an Ammoniak in der Stallluft (umgerechnet in mg/m ³).....	91
Tabelle 25:	Richtlinien für den Gehalt an Ammoniak in der Stallluft (umgerechnet in mg/m ³).....	92
Tabelle 26:	Vergleichende Lärmmessungen in einem AMS und drei FGM (in dB(A)).....	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung von Faktoren der Produktionsumwelt beim Melken mit AMS	15
Abbildung 2:	Entwicklungstendenzen in der Qualitätspolitik	17
Abbildung 3:	Schematische Darstellung von Nähr- und Wirkstoffen in der Milch.....	22
Abbildung 4:	Darstellung der Zonen der thermischen Neutralität sowie der kritischen Zonen nach	30
Abbildung 5:	Ursprünge der Gase in der Stallluft	32
Abbildung 6:	Graphische Darstellung der Unterschiede von Schwingungen bei Tönen, Klängen und Geräuschen	35
Abbildung 7:	Kurven gleicher Lautstärke	36
Abbildung 8:	Schematischer Aufbau eines Schallpegelmessers	37
Abbildung 9:	Schallbewertungskurven sowie Kurven gleicher Lautstärke ...	38
Abbildung 10:	Lärmquellen und deren Schallpegel dB (A) sowie mögliche Auswirkungen	40
Abbildung 11:	AMS im Praxisbetrieb mit den analysierten Baugruppen Melkbecherkopf (A) Getriebelock der Reinigungsbürsten (B), Ansetzarm des Roboters (C).....	53
Abbildung 12:	Schematische Darstellung und Erläuterung des Aufbaus eines Box-and-Whisker-Plots.....	56
Abbildung 13:	Temperaturverhältnisse im AMS, Juni 2002	57
Abbildung 14:	Temperaturverhältnisse im Stall, Juni 2002	58
Abbildung 15:	Temperaturverhältnisse im AMS, Januar 2003	58
Abbildung 16:	Temperaturverhältnisse im Stall, Januar 2003.....	59
Abbildung 17:	rel. Luftfeuchte im AMS, Juni 2002	61
Abbildung 18:	rel. Luftfeuchte im Stall, Juni 2002	61
Abbildung 19:	rel. Luftfeuchte im AMS, Januar 2003.....	62
Abbildung 20:	rel. Luftfeuchte im Stall, Januar 2003.....	63
Abbildung 21:	Ammoniakkonzentration im AMS, März 2002	64
Abbildung 22:	Ammoniakkonzentration im Stall, März 2002	65
Abbildung 23:	Ammoniakkonzentration im AMS, Juni 2002.....	66

Abbildung 24:	Ammoniakkonzentration im Stall, Juni 2002	66
Abbildung 25:	Kohlendioxidkonzentration im AMS, März 2002.....	68
Abbildung 26:	Kohlendioxidkonzentration im Stall, März 2002	68
Abbildung 27:	Kohlendioxidkonzentration im AMS, Juni 2002	69
Abbildung 28:	Kohlendioxidkonzentration im Stall, Juni 2002.....	70
Abbildung 29:	Tagesgang des Parameters Kohlendioxid an zwei Messpunkten, Juni 2002	71
Abbildung 30:	Methankonzentration der Stallluft im AMS, März 2002	72
Abbildung 31:	Methankonzentration im Stall, März 2002	72
Abbildung 32:	Methankonzentration im AMS, Juni 2002.....	73
Abbildung 33:	Methankonzentration im Stall, Juni 2002	73
Abbildung 34:	Tagesgang des Parameters Methan an zwei Messpunkten, Juni 2002	75
Abbildung 35:	Schallpegel im zeitlichen Verlauf einer Melkung im AMS, in dB(A), 1 Periode = 0,5 Sekunden	76
Abbildung 36:	Frequenzanalyse am Ende der Euterreinigung.....	77
Abbildung 37:	Dreidimensionale Darstellung (Pegel-Zeit- Frequenz) der Lärmsituation während einer Melkung im AMS.....	78
Abbildung 38:	Topographische Lärmverteilung im gesamten Stallbereich während 17 Schallpegelmessungen	79
Abbildung 39:	Entwicklung der Keimsituation am Getriebeblock der Reinigungsbürsten im zeitlichen Verlauf nach einer Reinigung und Desinfektion, Versuch März 2002	81
Abbildung 40:	Histogramm eines Differenzbildes	82
Abbildung 41:	Entwicklung der Keimsituation am Getriebeblock der Reinigungsbürsten im zeitlichen Verlauf nach einer Reinigung und Desinfektion, Versuch Juni 2002.....	83
Abbildung 42:	Ausgewählte Verhaltensäußerungen von Milchkühen beim Melken mit AMS und deren Häufigkeit bei 701 Melkungen insgesamt.....	84
Abbildung 43:	Ausgewählte Verhaltensäußerungen von Milchkühen beim Melken mit AMS nach Anzahl der Kühe und Häufigkeit der Verhaltensäußerung.....	85
Abbildung 44:	Wochenverlauf des Parameters Kohlendioxid an zwei Messpunkten in einem Vergleichsbetrieb, (in mg/m ³)	94
Abbildung 45:	Mehrboxenanlage, WESTFALIA „Leonardo“.....	125

Abbildung 46: Einboxenanlage, Lely „Astronaut“	125
Abbildung 47: Seitenansicht des Milchviehstalles.....	126

1 Einleitung und Problemstellung

Die Milchgewinnung ist ein Prozess, auf den eine Reihe von Einflussfaktoren wirken. Neben den Beziehungen Tier – Mensch oder Tier – Technik ist der Beziehung Tier – Produktionsumwelt ein hohes Maß an Einfluss zuzuschreiben. Unter dem Begriff der Produktionsumwelt werden Parameter verstanden, die als abiotische und biotische Faktoren Einfluss auf das Tier und das Produkt ausüben.

Die Produktionsumwelt in der Milchgewinnung hat sich in den zurückliegenden Jahrzehnten in allen Teilbereichen enorm weiterentwickelt. Sowohl der Neu- bzw. Umbau von Ställen, zu weitestgehend der äußeren Witterung folgenden Außenklimaställen, die Anwendung neuer Fütterungsverfahren (Totale Mischration (TMR)) als auch der Einsatz moderner Melksysteme (z.B. Automatische Melksysteme (AMS)) bilden die Rahmenbedingungen für die heutige Milcherzeugung.

Während sich die Milchgewinnung in konventionellen Melksystemen dadurch auszeichnet, dass eine feste zeitliche Bindung an das Melken vorliegt, bieten AMS die Möglichkeit der Entkopplung des Melkprozesses von diesen festen Terminen. Den Kühen wird in AMS die Möglichkeit gegeben, freiwillig die Melkbox aufzusuchen und gemolken zu werden. Die Ausprägung einer tierindividuellen Melkfrequenz wird dadurch ermöglicht.

AMS wurden bereits in zahlreichen Arbeiten hinsichtlich der Parameter Funktionssicherheit, Tierverhalten, Tiergesundheit, Milchqualität, Produktivität, Ökonomie und Hygiene untersucht. Einen bislang nicht untersuchten Parameter stellt die Produktionsumwelt bei der Milchgewinnung mit AMS als wichtigen Aspekt der Prozessqualität beim automatischen Melken dar.

Zur Produktionsumwelt zählen unter anderem das Stallklima (Mikroklima in der Melkbox, z.B. Temperatur, rel. Luftfeuchte und Luftqualität), der Schallpegel im AMS und der sich in direkter Verbindung dazu befindliche Haltungsraum sowie die Verschmutzungs- und Keimsituation der Oberfläche der Melkeinheit (vgl. Abb1).

Für den Betrieb eines AMS könnten ungünstige mikroklimatische Bedingungen eine ungenügende Besuchsfrequenz der Anlage durch die Kühe zur Folge haben. Die mikroklimatischen Gegebenheiten innerhalb von AMS sind in der Literatur jedoch noch nicht beschrieben worden. Die aus unzureichendem Mikroklima im AMS resul-

tierenden fehlenden Besuche würden dazu führen, dass mittels erhöhten Arbeitsaufwands Kühe nachgetrieben werden müssen, was die erhofften positiven Effekte der Arbeitszeiterparnis schmälert und zu Unruhe in der Herde führt.

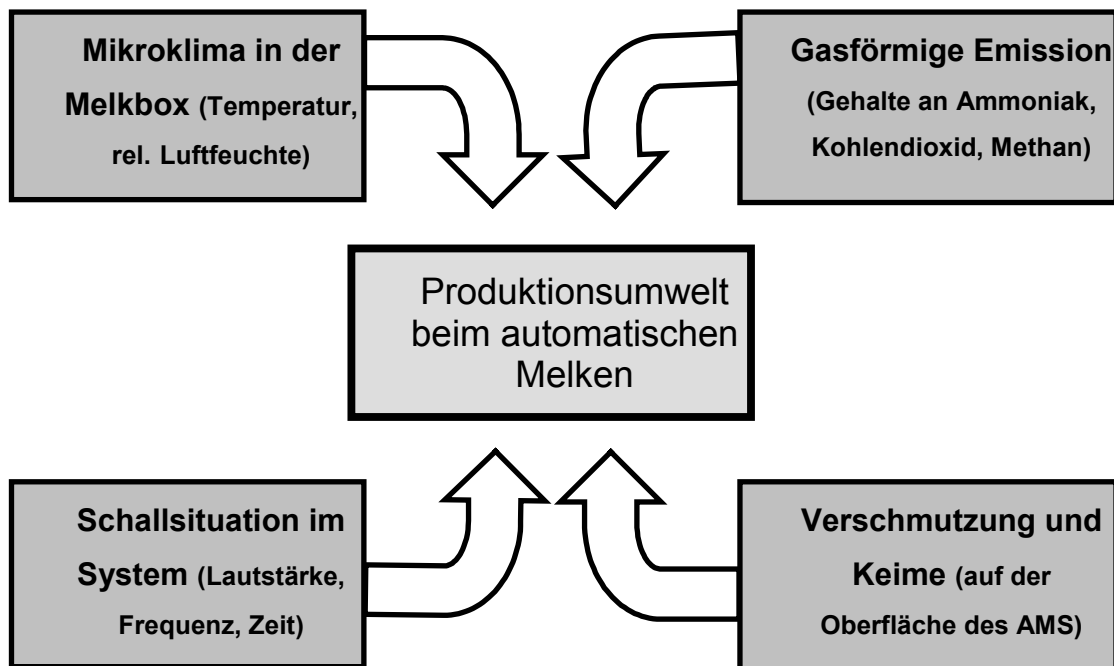


Abbildung 1: Schematische Darstellung von Faktoren der Produktionsumwelt beim Melken mit AMS
Quelle: eigene Zusammenstellung

Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand darin, diese Parameter in einem Praxisbetrieb zu analysieren und die mikroklimatischen Bedingungen zu bewerten. Dazu wurde an geeigneten Punkten innerhalb des AMS und des Stalles die Stallklimaparameter Temperatur, rel. Luftfeuchte, Luftqualität, Schall sowie der Verschmutzungsgrad der Systemoberfläche untersucht. Um mögliche witterungsbedingte Einflüsse auf das Mikroklima darstellen zu können, wurden die Untersuchungen in verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt.

Folgende Arbeitshypothesen wurden zur Bearbeitung des Themas aufgestellt:

1. Im AMS bestehen durch den Aufenthalt der Tiere besondere Stallklima-
verhältnisse und Gaskonzentrationen, die sich von der Situation im Stall-
raum unterscheiden.
2. Durch die verschiedenen maschinellen Funktionen des AMS entsteht ei-
ne signifikante Schallkulisse.
3. Der hohe Nutzungsgrad der automatischen Melkeinheit führt zu erhebli-
chen Verschmutzungen und damit verbunden zu einer Keimbelastung,
die ein Risiko für die Produktqualität und die Eutergesundheit darstellt.

2 Kenntnisstand

2.1 Qualität und Prozessqualität als Modelle

In der Literatur werden unterschiedliche Ansatzpunkte und Erklärungsversuche für die Begriffe Qualität und Prozessqualität diskutiert. Dabei wird zwischen theorie-, form- und praxisbezogenen Sichtweisen unterschieden.

Auf die Frage, ob der Begriff Qualität als objektive oder subjektive Größe zu verstehen sei, geht DÖGL (1986) ein. Würde man den Begriff aus objektiver Sichtweise betrachten, so wäre er die Summe intersubjektiver Übereinstimmungen hinsichtlich geforderter Eigenschaften und damit absolut und wertfrei. Bei subjektiver Betrachtungsweise würde die Eignung hinsichtlich eines bestimmten Verwendungszweckes im Vordergrund stehen.

Qualität aus formal technischer Sicht ist „die Gesamtheit der Merkmale und Merkmalswerte eines Produktes oder einer Dienstleistung bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“ (DIN ISO 8402-1, 1992).

Qualitätsauffassung aus praxisorientierter Sicht steht mit der konkreten Anwendbarkeit des Begriffes im Betrieb in direkter Verbindung. Ziel hierbei ist es, dem Begriff einfache und messbare Merkmale zuzuordnen.

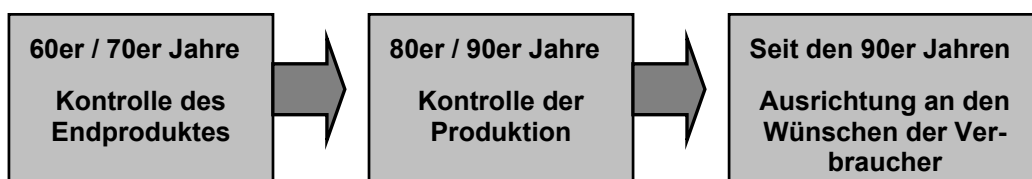


Abbildung 2: Entwicklungstendenzen in der Qualitätspolitik
Quelle: Becker, 2000, S.56

Nach Angaben des BMVEL¹ (2003) wird die Prozessqualität in der Landwirtschaft hauptsächlich durch die Art und Auswirkungen des Anbaus, einschließlich spezieller

¹ Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

Produktions- und Verarbeitungsverfahren, der Tierhaltung sowie durch die Beachtung des Tierschutzes, des Umweltschutzes und der Nachhaltigkeit bestimmt. Solche Eigenschaften sind in der Regel nicht unmittelbar am Produkt nachweisbar, sie können jedoch produktionsbedingt dokumentiert und kontrolliert werden. Ansätze zur Prozessqualität lassen sich zum Teil aus gesellschaftlichen Veränderungen bzw. unterschiedlichen Interessen einzelner Akteure heraus ableiten (vgl. Abb. 2).

Parameter, die Einfluss auf Prozesse ausüben, sind dynamischer Natur und nicht statisch bzw. isoliert zu betrachten. Aus diesem Grund ist es notwendig, Prozessparametern eine gewisse Toleranz zuzugestehen (SCHWEITZER und BAUMGARTNER 1992). Dies gilt in besonderem Maße für die landwirtschaftliche Produktion. Agrarische Systeme besitzen durch die Integration von ökologischen Systemen eine Eigendynamik und sind zudem von zahlreichen zufälligen Einflüssen (z.B. Witterung) abhängig. Eine Beeinflussung besteht durch die Verfügbarkeit an Ressourcen und Produktionstechnologien. Weiterhin haben agrarische Systeme nicht nur Produktionsfunktionen, sondern sie sind Lebensraum für Mensch, Flora und Fauna.

2.2 Prozessqualität bei der Milchgewinnung

Der in den vergangenen Jahren stark gestiegene Anspruch des Konsumenten an landwirtschaftliche Produkte und der damit einhergehende Wertewandel in der Gesellschaft machen es notwendig, die Qualität der Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte besser zu dokumentieren und nach außen zu demonstrieren. Dies wiederum macht es notwendig, landwirtschaftliche Prozesse nicht nur ergebnisorientiert zu bewerten, sondern ein hohes Maß an Prozessqualität zu realisieren. GEIDEL (2002) beschreibt die Melktechnik, die biotechnischen Parameter (einschließlich der Melkroutine), die Melkhygiene sowie das Prozessergebnis als wesentliche Parameter der Prozessqualität in der Milcherzeugung.

Die das Verfahren der Milcherzeugung beeinflussenden Faktoren Klima/Mikroklima, Schall sowie der Verschmutzungsgrad und Keimdruck sind Ausdruck von Prozessqualität. Die Milchgewinnung mit AMS stellt sich als ein dynamisches System dar. In diesem dynamischen System unterliegen die bereits erwähnten Parameter Veränderungen. Ziel hoher Prozessqualität ist es daher, diese Faktoren in für das Tier tole-

rierbaren Grenzen zu halten. Diese Anpassung wiederum kann zu Qualitätsverbesserungen des Primärproduktes Milch und damit zu verbessertem Verbraucherschutz beitragen.

HOPSTER et al. (2002) sehen in unserer liberalisierten Gesellschaft ein großes öffentliches Interesse in Bezug auf die Auswirkungen des Einsatzes von AMS auf die Tiergerechtigkeit bei der Milcherzeugung. Sie verglichen in diesem Zusammenhang die Auswirkungen von automatischem und konventionellem Melken auf Parameter der Physiologie und des Tierverhaltens. Aus diesem öffentlichen Interesse heraus lässt sich die Notwendigkeit ableiten, die Produktionsumwelt und damit die Prozessqualität bei der Gewinnung von Milch weiter zu verbessern.

2.3 Automatisches Melken und Automatische Melksysteme (AMS)

Die Möglichkeit, Kühe automatisch melken zu können, stellt die jüngste Innovation auf dem Gebiet der Melktechnik dar. Ausgehend von der Idee, alle den Melkvorgang betreffenden Arbeitsschritte zu automatisieren, wurde vor ca. 20 Jahren eine Vielzahl an Forschungsarbeiten vorangetrieben (ORDOLFF 1984; RABOLD 1986; ROSSING 1990; ARTMANN 1994). Erwartungen an den Einsatz von AMS waren:

- Arbeitsentlastung des Melkenden,
- Entkopplung der Milchgewinnung von festen Melkzeiten,
- Flexible Ausnutzung der Arbeitszeit,
- Steigerung der Milchleistung pro Kuh,
- Verbesserung der Eutergesundheit der Herde,
- Stabilisierung bzw. Verbesserung der Milchqualität,
- Verbesserung der Herdenüberwachung und Gesundheitskontrolle.

Vor ca. 15 Jahren wurden die ersten AMS praxisreif und auch außerhalb von Versuchsbetrieben eingesetzt (WESSELINK 1992). Im Jahr 2001 waren schätzungsweise 1200 dieser Systeme weltweit im Einsatz (de KONING et al. 2002), Tendenz steigend. Der größte Teil dieser AMS wird in Betrieben in Westeuropa bzw. Skandinavien betrieben. Momentan stehen dem Landwirt zwei AMS-Typen verschiedener Hersteller zur Verfügung.

Einboxenanlagen sind kompakte Einheiten, die haltungsnah in die Stalleinheit integrierbar sind und von keiner separaten Bauhülle umschlossen sein müssen (s. Anhang 8.1). Sie sind direkter Bestandteil der Haltungsumwelt. Die Kapazitätsgrenzen liegen nach unterschiedlichen Herstellerangaben zwischen 50 und 65 Kühen pro Melkbox. In der landwirtschaftlichen Praxis werden diese Tierzahlen aus unterschiedlichen Gründen nur selten erreicht.

Mehrboxenanlagen bestehen aus zwei bis vier hintereinander liegenden Melkboxen, deren Melkzeuge alle mit Hilfe eines fahrbaren Roboterarms an die Kuh gebracht werden. Aufgrund der räumlichen Abmaße werden Mehrboxenanlagen oftmals in die bereits vorhandene Bauhülle des alten Melkstandes integriert (s. Anhang 8.1). Bei Stallneubauten ist es notwendig, den Melkstand durch ein Melkhaus vom Haltungsraum zu separieren. Die Kapazität pro System liegt je nach Boxenanzahl zwischen 80 und 170 Kühen.

Die Variationen zwischen den unterschiedlichen Herstellern bezüglich des Tierdurchsatzes fallen sowohl für Einboxenanlagen als auch für Mehrboxenanlagen gering aus. Für die Euterreinigung und das Ansetzen der Melkbecher an das Euter werden von den Herstellern verschiedene Technologien angewendet. Die grundlegende Funktionsweise der einzelnen AMS-Typen und Fabrikate beschreibt VEAUTHIER (1999).

Dem Landwirt stehen zur Erlangung einer zufrieden stellenden Besuchsfrequenz der Kühe am AMS verschiedene Optionen hinsichtlich des Tierverkehrs zu Verfügung. Beim freien Kuhverkehr steht jeder Kuh zu jeder Zeit die Möglichkeit offen, die Melkbox zu besuchen. Alle anderen Funktionsbereiche wie Fress- oder Liegeplätze sind ebenfalls ohne Restriktion erreichbar. Der geregelte Kuhverkehr zeichnet sich dadurch aus, dass die Kühe zum Erreichen des Futtertisches das AMS bzw. eine Selektionseinrichtung passieren müssen und bei vorhandenem Melkanspruch auch gemolken werden. Die Möglichkeit der Kombination beider Varianten ist beim semi-geregelten Kuhverkehr gegeben. Die Entscheidung für eine dieser Varianten hängt neben den baulichen Gegebenheiten des Stalles von einer Vielzahl von Faktoren ab (z.B. verwendeter AMS-Typ, Fütterungsregime, durchschnittliches Alter der Herde).

Die unterschiedlichen Motivationen von Landwirten zur Umstellung auf automatisches Melken beschreiben KOWALEWSKY et al. (1999) und WIRTZ et al. (2003).

Bei den Gründen zum Kauf eines AMS wird die Einsparung von Arbeitszeit bzw. Arbeitskraft als Hauptgrund angeführt. Gründe wie die Verbesserung der Eutergesundheit der Herde bzw. die Steigerung der Milchleistung rangieren auf den hinteren Plätzen.

Wurden AMS aufgrund schnell verfügbarer Beurteilungsgrundlagen in der ersten Phase nach ihrer Praxiseinführung vorwiegend ökonomisch beurteilt (STOCKINGER und WEISS 1997; BERGES 1999), so wurde mit der Zunahme an Erkenntnissen auch das Tierverhalten mit in die Betrachtung einbezogen (STEFANOWSKA et al. 1999; WENZEL 2001 a; WENZEL 2001 b; HESSEL et al. 2002).

Die Auswirkungen des Einsatzes von AMS auf Parameter der Milchqualität sind bekannt und in einer Vielzahl von Veröffentlichungen beschrieben. RASMUSSEN et al. (2002) stellten bei der Betrachtung von 98 dänischen Betrieben, die von konventionellen Melksystemen auf AMS umstellten, hinsichtlich der Milchqualität Verschlechterungen bezüglich des Bakteriengehaltes der Tankmilch, des somatischen Zellgehaltes und des Gefrierpunktes fest.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen KNAPPSTEIN et al. (2002) bei der Untersuchung zweier Betriebe mit AMS. In ihren Untersuchungen stellen die Autoren neben den unruhigen Verläufen des Zellgehaltes der Tankmilch auch Grenzwertüberschreitungen des Keimgehaltes fest. Diese Überschreitungen werden mit den im Untersuchungszeitraum aufgetretenen technischen Problemen begründet. Weiterhin konnte entgegen der Erwartung einer Verbesserung der Eutergesundheit eine Verschlechterung der Situation in den untersuchten Herden festgestellt werden.

Auf Probleme des AMS bei der Erkennung von Eutergesundheitsstörungen weist KÖHLER (2002) hin. Die Entwicklung eines intelligenten Systems auf Basis der Fuzzy Logic, welches mehrere unscharfe Prozessparameter miteinander verknüpft, wird in seiner Arbeit beschrieben. PALLAS und WENDT (2001) erachten die momentan angewendete Praxis der Leitfähigkeitsmessung der Milch zur Gesundheitskontrolle der Euter als unzureichend, da durch die Alarmmeldungen nur ein geringer Prozentsatz an objektiv erkrankten Kühen zu finden ist.

2.3.1 Milchqualität und Melken

Die Qualität von Milch wird, wie aus Abbildung 3 hervorgeht, durch den Gehalt an Nähr- und Wirkstoffen bestimmt. Einfluss auf die Milchqualität haben ebenfalls der Gesundheitszustand des Euters jeder einzelnen Kuh und die Umweltbedingungen unter denen die Milch ermolken wurde.

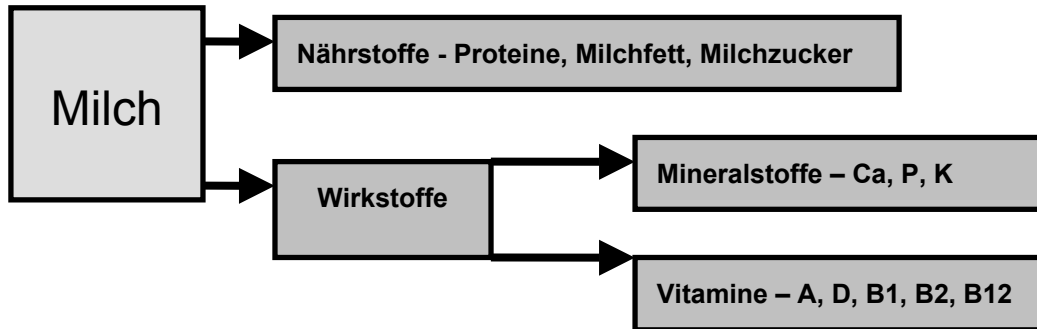


Abbildung 3: Schematische Darstellung von Nähr- und Wirkstoffen in der Milch
Quelle: eigene Zusammenstellung

Für die Gütebewertung von Milch sind die Parameter Keimgehalt der Milch pro ml, Zellzahl der Milch pro ml, Gehalt an Hemmstoffen sowie der Gefrierpunkt der Milch entscheidend. Die Zellzahl der Milch ist als Maßstab für die Eutergesundheit anzusehen. Ein erhöhter Zellgehalt kann als Indikator für Mastitiden gesehen werden. Erhöhte Zellzahlen in der Milch können jedoch auch aus dem Alter der Kuh, ihrem Laktationsstadium bzw. aus der kurz zurückliegenden Geburt eines Kalbes resultieren. Eutererkrankungen sind in ihrer ökonomischen Bedeutung führende Schadensfaktoren der Milchproduktion. Die ökonomischen Schäden einer Euterentzündung werden von WENDT et al. (1998) beschrieben und von der DGV² (2002) mit durchschnittlich 100 bis 200 Euro pro Kuh und Jahr beziffert. Der subklinischen Mastitis kommt dabei ein größeres Schadenspotenzial zu als den klinischen Verlaufsformen. Eine akute Euterentzündung zeichnet sich durch kurzfristiges Auftreten, typische örtliche Symptome sowie funktionelle Beeinträchtigungen und Störungen des Allgemeinbefindens aus (WENDT et al. 1998). Die gleichen Autoren sehen die Ursachen für Eutererkrankungen sowohl in der belebten als auch in der unbelebten Umwelt des

² Deutsche veterinärmedizinische Gesellschaft

Tieres begründet. Eine Auflistung von mikrobiellen Kontaminationsquellen und deren Keimeintrag wird in Tabelle 1 dargestellt. Demnach ist die Milch im Euter noch nahezu keimfrei. Der größte Keimeintrag kann durch ungenügend saubere Milchgerätschaften in einer Größenordnung von 10^5 - 10^6 Keimen pro ml erfolgen.

Tabelle 1: Mikrobielle Kontaminationsquellen von Rohmilch und deren Keimeintrag

<i>Ort</i>	<i>Möglicher Eintrag Keimzahl/ml</i>
Euterzisterne	praktisch keimfrei
Strichkanal (Anfangsgemelk)	10^2 - 10^3
Luftkeime	10^2 - 10^3
Verunreinigung beim Melken	10^3 - 10^4
Euterinfektion	10^4 - 10^5
Milchgerätschaften	10^5 - 10^6

Quelle: Internet, Institut für tierärztliche Nahrungsmittelkunde, Universität Gießen

Nicht erregerbedingte Ursachen liegen im Bereich mechanischer, chemischer, toxischer und thermischer Einwirkungen auf die Milchdrüse. Etwa 200 verschiedene Erreger konnten bei Mastitiden nachgewiesen werden. Dabei handelt es sich zum Großteil um Bakterien; aber auch Pilze, Hefen, Algen und Viren treten als Erreger auf. Eine Auflistung der Erreger wird in Tabelle 2 gegeben. So ist zu erkennen, dass neben Störungen des Allgemeinbefindens auch das Gangsystem und das Drüsengewebe geschädigt werden.

WOLLRAB (1989) klassifiziert mögliche Eutergesundheitsstörungen und beschreibt die Folgen dieser Störungen zusammenfassend als eine durch Schädigung bzw. Ausfall des milchbildenden Gewebes sowie Einhaltung von Sperrfristen für die Milch-anlieferung bedingte Milchminderleistung.

Negative Auswirkungen von Eutererkrankungen werden gesehen in:

- einer Qualitätsminderung der Rohmilch durch Veränderung der Milchinhaltsstoffe,
- einer vorzeitigen Merzung von Färsen und Kühen infolge nicht heilbarer Eutergesundheitsstörungen (Diese Auswirkung ist als ein besonders wichtiger Faktor bei derzeit in der Praxis zu findenden Reproduktionsraten von über 40% anzusehen),
- den Kosten der Behandlung erkrankter Tiere bzw. für Sanierungsmaßnahmen.

Tabelle 2: Auswahl an Erregern von Eutergesundheitsstörungen

	<i>Schädigungen</i>					
Erreger	Haut	Gang-system	Drüsen-gewebe	Interstitium	Lymph-knoten	Allgemein-befinden
Bakterien						
Streptokokken		+	+			
Staphylokokken	+	+	+			+
Escherichia coli			+	+		+
Pseudomonas		+	+			
Mykobakterien			+	+	+	+
Nocardien			+	+		+
Antinomyces pyogenes	+	+	+	+	(+)	+
Chlamydien			+	+		+
Mykoplasmen			+			+
Pilze						
Hefen	+		+			
Aspergillus	+		+			
Algen						
Prototheken		+	+	+		(+)
Viren						
MKS	+		+			+
IBR/IPV			+			+
Pocken	+					
Papillomatose	+					

Quelle: nach Wendt et al. 1998

Mangelhafte hygienische Bedingungen während des Melkens sind eine potenzielle Quelle für Eutergesundheitsstörungen. Diese Aussage gilt für konventionelle Melkanlagen in gleichem Maße wie für AMS. Um zu verhindern, dass Keime einzelner Tiere auf die gesamte Herde übergreifen, ist es deshalb notwendig, die Oberfläche der Melkanlage in hygienisch einwandfreiem Zustand zu halten (vgl. Tab. 1 und 2).

2.3.2 Milchhygienerecht

Bei unzureichender Einhaltung bzw. Ausführung von Hygienemaßnahmen in der Milchgewinnung besteht die Gefahr der Verschlechterung der Milchqualität. Ein weiteres Problem ist in der Übertragung von pathogenen Keimen von Kuh zu Kuh infolge mangelnder Hygiene zu sehen.

AMS sind in dieser Hinsicht kritisch zu betrachten. Auf der einen Seite wird dem Landwirt ein Melksystem bereitgestellt, das weitestgehend ohne menschliche Unterstützung auskommt. Auf der anderen Seite bleibt es dem Anwender von AMS selbst überlassen, über die Art und Weise sowie den Zeitpunkt der Reinigung der Oberfläche des Systems zu entscheiden.

Hygienevorschriften für die Gewinnung und Vermarktung von Rohmilch, wärmebehandelter Milch und Erzeugnissen auf Milchbasis liegen auf europäischer Ebene mit der Richtlinie 92/46/EWG vom 16. Juni 1992 vor. Die Umsetzung dieser Richtlinie gewährleistet in Deutschland die Milchverordnung vom 24. April 1995 mit ihrer Neufassung vom 20. Juli 2000.

2.3.3 Stress auslösende Faktoren

Aussagen über den Begriff Stress und seine auslösenden Faktoren werden in zahlreichen Veröffentlichungen getroffen (JENSEN 1995; DOBSON und SMITH 2000; HEIDENREICH 2002 a; KEISTER et al. 2002; RUSHEN et al. 2001; WEST et al. 2003).

Von BORELL (2000) beschreibt Stress als einen Zustand, bei dem der Organismus durch externe und interne Stimuli übermäßig beansprucht wird und ein breites Spektrum von individuellen Reaktionen hervorruft. Externe Stimuli können demnach z.B. Hitze, Kälte, Lärm, Infektionen bzw. Verletzungen sein. Der gleiche Autor weist auf die Schwierigkeit der Beurteilung von chronischen Belastungssituationen hin. Reaktionen von Individuen auf Belastungen hängen zudem von genetischen Faktoren und früheren Erfahrungen ab.

Die Frage, ob automatisches Melken Kühe stärker belastet, als beispielsweise das Melken im Melkstand, wird in der Literatur unterschiedlich beantwortet. HOPSTER et

al. (2002) kamen nach Blutuntersuchungen zu dem Schluss, dass Kühe, die durch AMS gemolken werden, keinen erhöhten Stress auslösenden Situationen ausgesetzt sind als Kühe, die mit konventioneller Melktechnik gemolken werden. Weiterhin konnten keine Veränderungen hinsichtlich des Tierverhaltens in den beiden verschiedenen Melksystemen beobachtet werden. Zu einer ähnlichen Einschätzung kommt UMSTÄTTER (2002). Anhand von Herzfrequenzmessungen kommt die Autorin zu dem Schluss, dass das Melken im AMS als leichter Stressor beurteilt werden kann. Der Stress des Melkens ist in seiner Wirkung sehr gering, da die Kühe eine hohe Motivation zum Besuch der Melkbox aufgrund des Kraftfutterangebots haben.

BERGLUND et al. (2002) untersuchten somatische Zellzahlen, sowie die Rötung und den Trocknungszustand der Zitzenpitze an Kühen, die automatisch gemolken wurden und an Kühen in einem konventionellen Melkstand. Signifikant positive Ergebnisse wurden für alle Untersuchungsschwerpunkte für das automatische Melken erzielt. WENZEL et al. (1999) wiesen anhand ethologischer und physiologischer Indikatoren nach, dass Kühe beim Melken mit AMS stärkeren Belastungen ausgesetzt sind als beim zweimaligen Melken in einem konventionellen Melkstand.

Von besonderer Wichtigkeit beim Melken ist die Vermeidung starker Schwankungen in der Behandlung der Tiere vor Melkbeginn und während des Milchentzuges. Kühe reagieren auf rohe Behandlung durch den Menschen mit verminderten Milchleistungen, größeren Restmilchmengen, erhöhter Herzfrequenz und unruhigem Stehen im Melkstand (HEMSWORTH et al. 2000; RUSHEN et al. 1999; WAIBLINGER et al. 2002). Ein Vorteil automatischer Melksystemen könnte darin gesehen werden, dass diese Schwankungen minimiert werden und bei gegebener Funktionsfähigkeit der Anlage diese Einflüsse auf das Melken unterbleiben.

2.4 Stallklima und Produktionsumwelt

2.4.1 Begriffsabgrenzung

Der Begriff Stallklima wird in der Literatur sehr unterschiedlich diskutiert. Eine Reihe von Autoren hält den Begriff Stallklima für unzureichend oder irreführend bei der Bewertung der qualitativen Eigenschaften der Haltungsumwelt von Nutztieren, da oft die Stalllufttemperatur im Zentrum der Betrachtungen steht.

BRUNSCH (1999) verwendet den Terminus Stallluftqualität in Anlehnung an den in der Humanklimatisierung verwendeten Begriff Raumlufthqualität, um damit den komplexen Charakter der Stallluft besser zu beschreiben. Der Begriff des Stallwetters wird von HILLIGER (1990) aufgrund der ständig und kurzfristig auftretenden Veränderungen in der Stallluft dem Begriff Stallklima vorgezogen.

Unter Zugrundelegung einer ganzheitlichen Betrachtungsweise aller Parameter, die die Qualität der Stallluft beeinflussen, sollte der etablierte Begriff Stallklima auch weiterhin seine Berechtigung haben.

2.4.2 Allgemeine Parameter

Das Stallklima setzt sich aus abiotischen (physikalischer, chemischer sowie witterungsabhängiger Zustand der Stallatmosphäre) und biotischen Parametern (Tierart, Alter, Gewicht, Leistung) zusammen.

Von BORELL (1999) führt aus, dass der Begriff des Wohlbefindens eines Tieres nicht direkt über naturwissenschaftliche Methoden messbar sei und deshalb auf andere Indikatoren wie Verhalten, Gesundheit, Leistung, Physiologie, Kondition und Hygiene zurückgegriffen werden muss.

Die überwiegende Zahl von Tieren in der Landwirtschaft wird in Europa in Ställen gehalten. Außenklimaställe, oft konzipiert als Offenfrontställe mit freier Lüftung, bestimmen das Bild in der Milchviehhaltung. Sie bieten Milchkühen gute Haltungsbedingungen hinsichtlich Temperatur, Luftfeuchte und Umgebungsgasen. Probleme bei dieser Art der Tierunterbringung werden partiell in den Sommermonaten aufgrund hoher Temperaturen und der daraus resultierenden geringen Möglichkeit der Wärmeabgabe durch die Kühe gesehen. Trotz der Anpassungen des Stallbaus an die Bedürfnisse von Tieren bestehen zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen dem Außenklima und dem Klima im Inneren des Stalles bezüglich der Parameter Temperatur, rel. Luftfeuchte, Umgebungsgase (Atmung, Umsetzungsprozesse der Exkremente), Staubgehalt der Luft (Futter, Hautpartikel, Einstreu, getrockneter Kot), Licht, Luftbewegung, Geräuschpegel.

BOCKISCH et al. (1999) weisen auf die vorhandenen Wechselbeziehungen zwischen den technischen Indikatoren des Stallklimas wie Luftfeuchte, Lufttemperatur,

Staub- bzw. Schadgasbelastung, Lichtintensität und der Wärmedämmung in der Rinderhaltung hin (vgl. Tab. 3).

Tabelle 3: Technische Indikatoren des Stallklimas und deren Auswirkung auf die Tiere

<i>Kriterium</i>	<i>Erklärung und Erklärungsgehalt</i>
Luftfeuchte und -temperatur	Luftfeuchte und -temperatur haben einen erheblichen Einfluss auf das Infektionspotenzial und das Fruchtbarkeitsgeschehen. Die Einschätzung der tatsächlichen Verhältnisse erfordert allerdings kontinuierliche Messungen in relevanten Zeitabständen.
Staubbelastung und Schadgase	Stäube wirken sowohl als Fremdpartikel als auch als Träger von Keimen belastend auf die Atmungsorgane der Nutztiere. Dies trifft in gleicher Weise für Schadgase zu. Sie können durch raumlufttechnische Anlagen beeinflusst werden.
Lichtintensität und -dauer sowie UV-Strahlung	Fruchtbarkeit, Stoffwechselaktivitäten und tierische Leistungen werden in hohem Maße von der Lichtintensität und -dauer sowie der UV-Strahlung beeinflusst.
Wärmedämmung	Durch eine geeignete Wärmedämmung der raumumschließenden Bauteile können z.B. zu hohe Stalltemperaturen vermieden werden.

Quelle: BOCKISCH, 1999

KLICHE et al. (1978) entwickelten ein theoretisches Modell (Vielfaktorensystem) für die Herausbildung einer realen lufthygienischen Gegebenheit, welches durch ein dynamisches Gleichgewicht aller in der Stallluft anzutreffenden Komponenten charakterisiert ist. Dieses Gleichgewicht bildet sich zwischen der Produktion der Gase in den Quellen, ihrer Abgabe bzw. Diffusion und Desorption aus diesen an die Luft, den chemischen und chemisch-physikalischen Reaktionen in der Luft und ihrer Entfernung mit der Stallluft zwischen Stallraum und atmosphärischer Luft.

Die Stallluft und ihre Analytik fanden aufgrund ihrer komplexen Auswirkungen auf Tiergesundheit, Wohlbefinden und Leistung von landwirtschaftlich genutzten Tieren in der Vergangenheit in zahlreichen Veröffentlichungen Beachtung (BUSSE 1990; BRUNSCH et. al. 1992; WOLF und MARTEN 2002).

Andere die Haltungsumwelt beeinflussende Faktoren wie beispielsweise der Lärmpegel sind in der Literatur selten zu finden und werden teilweise sehr unterschiedlich diskutiert.

2.4.3 Richtlinien und Normen

Die aktuell gültigen Normen und Richtlinien fasst BRUNSCH (1999) zusammen. Demnach finden folgende Schriften hinsichtlich der Gestaltung der klimatischen Bedingungen in Tierställen Anwendung.

- Tierschutzgesetz und Tierhaltungsverordnung
- DIN 18910 Wärmeschutz geschlossener Ställe
- DIN 1946 Raumluftechnik
- Grenzwerte für die Luft am Arbeitsplatz (MAK-Werte)
- CIGR-Normen (Commission Internationale du Genie Rural)
- ASAE-Normen (American Society of Agricultural Engineers)

Die Problematik der Anwendung der DIN 18910 (1992) besteht darin, dass es sich in diesem Fall nicht um eine Lüftungsnorm handelt, sondern um eine Baunorm zum Wärmeschutz geschlossener Stallanlagen.

Angaben zur Regulierung von Temperatur und Luftfeuchte in Melkständen werden durch das AEL Merkblatt 5 (1990) gemacht. Diese Regulierungen beziehen sich wiederum vornehmlich auf den Schutz von Material und Einrichtungsgegenständen und im Weiteren auf die Bedürfnisse des arbeitenden Personals.

2.4.4 Stallluft

2.4.4.1 Temperatur und Luftfeuchte

Als die am häufigsten und einfachsten zu erfassenden Komponenten des Stallklimas zählen die Temperatur und die Luftfeuchte der Stallluft. Durch die Temperatur der Umgebung wird maßgeblich die Thermoregulation von warmblütigen Tieren beeinflusst. Dabei wird zwischen einem Bereich der thermischen Neutralität und an ihn angrenzende Bereiche, die entweder als „zu kalt“ oder „zu warm“ beschrieben werden können, unterschieden (vgl. Abb. 4). Die Tierart, das Alter der Tiere, das Fütte-

rungsniveau und das Haltungssystem beeinflussen die Ausprägung der thermoneutralen Zone. Da die Wärmebedürfnisse von neugeborenen Tieren höher liegen als bei ausgewachsenen, liegt auch deren thermoneutrale Zone höher und umfasst oftmals nur wenige Grad.

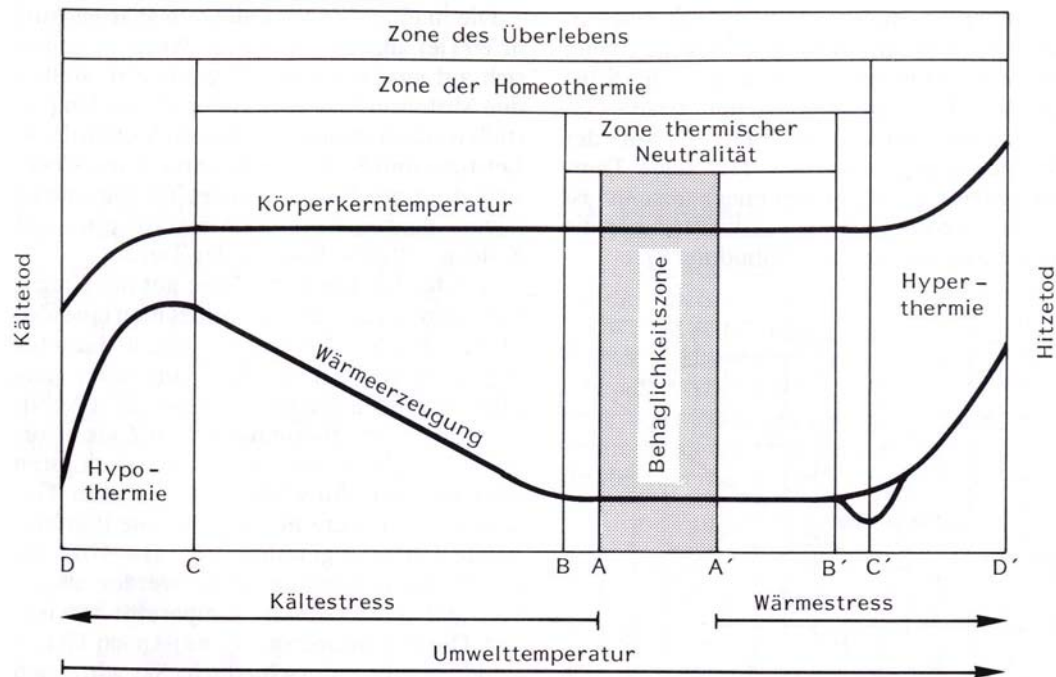


Abbildung 4: Darstellung der Zonen der thermischen Neutralität sowie der kritischen Zonen nach Quelle: BIANCA, 1968; in: Hilliger H.G. (Hrsg.): Stallgebäude, Stallluft und Lüftung, S.16

Rinder sind temperaturtolerant, wobei niedrigere Temperaturen aufgrund ihrer Adaptationsmechanismen besser toleriert werden als höhere Temperaturen (SAMBRAUS et al. 2002). Die thermoneutrale Zone liegt im Bereich zwischen 4 und 15°C mit Schwankungsbreiten von -15 bis 5°C und 20 bis 23°C (BRUCE 1986; KRAMER et al. 1999). Die Wärmebildung der Tiere wird durch ihr Alter, ihre Lebmasse und ihre Leistung bestimmt. Nach JENTSCH et al. (2001) beträgt die Wärmeabgabe einer Hochleistungskuh bei 30 Liter Milchleistung bis zu 55 MJ/ Tag bzw. 15 kWh/ Tag. Die negativen Effekte von zu hohen Temperaturen (30°C bei 50% rel. Luftfeuchte relativ zu 15°C und 70% rel. Luftfeuchte) auf die Milchleistung und die Energieaufnahme von frisch laktierenden Kühen zeigen NAUHEIMER und WENIGER (1986). Die optimale Luftfeuchte für Rinder liegt bezogen auf den Hal-

tungsbereich zwischen 60 und 80 Prozent (BRUNSCH et al. 1996). Für die rel. Luftfeuchte und die Temperatur ist ergänzend hinzuzufügen, dass in Außenklimaställen die Werte im Stallinneren sich dem Umgebungsgeschehen weitestgehend angleichen. Deshalb sollten vor allem beim Auftreten von Extremsituationen wie im Hochsommer zusätzliche Regulationseinrichtungen (z.B. Ventilatoren) eingesetzt werden. Möglichkeiten eines optimierten Einsatzes von Lüftern im Stall zeigt HEIDENREICH (2002 b) auf.

2.4.4.2 Komponenten der Stallluft

Hauptbestandteile trockener, atmosphärischer Luft sind nach HEYER (1972) Stickstoff (78,08%), Sauerstoff (20,95%), Kohlendioxid (0,03%), Argon (0,93%) sowie andere Edelgase (0,01%).

Die von den Tieren im Stall eingeatmete Luft setzt sich aus der Außenluft (über die Lüftung in den Stall gelangend) und Stoffen wie Mikroorganismen, Staub und Gasen zusammen. Von den mehr als 136 Gasen, welche in der Stallluft nachgewiesen werden konnten (HARTUNG 1988), kommt Ammoniak und Kohlendioxid die größte Bedeutung zu. Sie gelten gemeinhin als „Indikatorgase“ für die Qualität des jeweiligen Lüftungssystems. HARTUNG und PHILLIPS (1994) machen die von den Tieren abgegebenen Exkreme als den größten Faktor für gasförmige Emissionen der Tierhaltung aus (vgl. Abb. 5). Von 23 dieser 136 Gase liegen quantitative Erhebungen in der Stallluft vor. Die Mengenangaben weisen jedoch große Schwankungsbreiten auf.

HILLIGER (1990) hält den Begriff Schadgas für irreführend, da es nicht möglich ist, Stoffe in schädlich und unschädlich zu unterteilen. Der Autor geht weiterhin davon aus, dass Schädigungen stets mit bestimmten Konzentrationen und Einwirkzeiten verbunden sind und immer mehrere Faktoren zusammenwirken. Den gleichen Standpunkt vertritt OLDENBURG (2002), der den Begriff Schadgas eher im Bereich der Bauphysik angesiedelt sieht, da zum Beispiel Kohlendioxid oder Wasserdampf normalerweise keine direkten Schäden bei Mensch und Tier verursachen und nur unsachgemäßes Abführen dieser Stoffe aus dem Stall zu Schäden am Gebäude führen kann. Eine Einteilung von Schadgasen und Geruchsstoffen in ökologisch relevante, belästigungs- und genehmigungsrelevante Emissionen wird von demselben

Autor vorgenommen. Der Begriff der Luftverunreinigung wird von NEUMÜLLER (1987) als Anwesenheit von unerwünschten Stoffen definiert und zwar in Konzentrationen, die geeignet sind, einen messbaren Effekt auf Mensch, Tier, Vegetation oder die unbelebte Welt auszuüben.

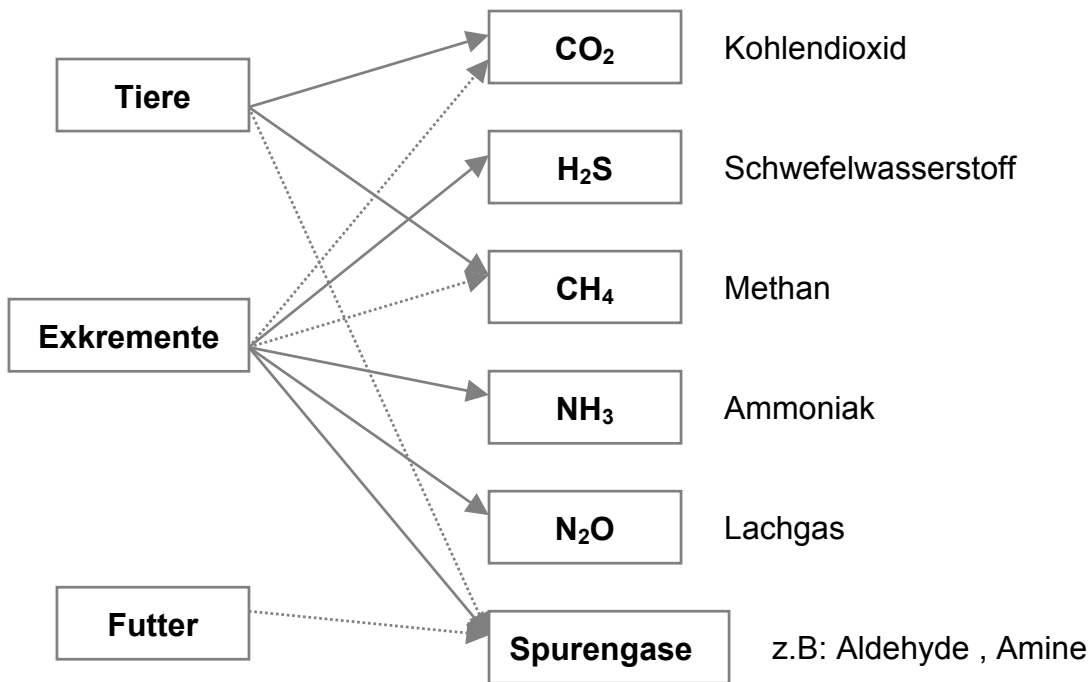


Abbildung 5: Ursprünge der Gase in der Stallluft,
Quelle: HARTUNG und PHILLIPS (1994), verändert

Ammoniak entsteht bei der enzymatischen und mikrobiellen Umsetzung von Stickstoffverbindungen in Kot und Harn und ist aus der Literatur durch seine reizende Wirkung auf den Respirationsapparat von Tieren bekannt (KALISCH und SCHUH 1979). Die Geschwindigkeit der Umsetzungsprozesse von Ammoniak sowie deren Beeinflussung werden von einer Reihe wissenschaftlicher Arbeiten beschrieben (z.B. HARTUNG 2001; TRUNK 1995). Die Produktion von Ammoniak ist immer im Zusammenhang mit der Belegungsdichte eines Stalles und der Größe der verschmutzten Fläche zu sehen. Durch über längere Zeit eingeatmete hohe Konzentrationen von Ammoniak kommt es zur Schwächung der Widerstandskraft und zum Auftreten von Sekundärinfektionen (vgl. Tab 4, S. 34). Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung nehmen bei steigender Temperatur der Zuluft zu (OLDENBURG 2002). Trotz

der Tatsache, dass Ammoniak leichter als Luft ist, sind in Bodennähe zumeist höhere Konzentrationen festzustellen als beispielsweise unter der Stalldecke. Dies ist laut Information 800.106.01 (2002) des Bundesamtes für Veterinärwesen der Schweiz auf die Verdünnung der Stallluft mit der Außenluft und der Thermik zurückzuführen.

Kohlendioxid ist als Stoffwechselprodukt der Atmung von Tieren in allen Ställen zu finden. Geringe Kohlendioxidmengen stammen aus der Zersetzung von Kot, Harn und Futterresten. Erhöhte Konzentrationen von Kohlendioxid im Stall weisen auf eine unzureichende Lüftung hin. Die Höhe der Kohlendioxidkonzentration im Stall wird vom Alter der Tiere, ihrer Leistung und der Anzahl der Tiere sowie deren Aktivität bestimmt. Die höchsten Kohlendioxidkonzentrationen lassen sich nach MOTHES (1977) sowohl am Stallfußboden als auch an der Stalldecke finden. Der Autor begründet dies mit dem Lösungsvermögen von Kohlendioxid in Wasser bei unterschiedlichen Temperaturen. Unterschiedliche Kohlendioxidkonzentrationen im Tagesverlauf sind nach Angaben des Autors auf erhöhte Stoffwechselleistungen nach Fresszeiten zurückzuführen.

Methan und Kohlendioxid entstehen bei Wiederkäuern aus Umsetzungsprozessen im Pansen sowie in Dick- und Blinddärmen von Geflügel, Schweinen und Pferden. Bereits vier Wochen nach der Geburt beginnen Kälber fütterungsbedingt mit der Ausscheidung von Methan über den Ruktus (ANDERSON et al. 1987). Nach Literaturauswertungen durch HARTUNG und MONTENY (2000) sind im Bereich der Milchviehhaltung je nach Aufstallungsform, Milchleistung, Futterzusammensetzung, Art des Bodenbelags und der Entmistungsform mit Methanemissionen zwischen 120-390 g je GV und Tag zu rechnen, wobei die höchsten Emissionen im Anschluss an die Fütterung auftreten. Variationen in der Methanproduktion hängen nach Angaben von JOHNSON und JOHNSON (1995) von der Höhe der Futteraufnahme, der Art der aufgenommenen Kohlenhydrate, der Futteraufbereitung, der Fettzugabe zum Futter sowie der Mikrobenflora im Pansen des Tieres ab.

Tabelle 4: Ausgewählte Stallluftkomponenten und ihre Wirkung auf den tierischen Organismus

<i>Parameter</i>	<i>Wirkung auf das Tier</i>
Ammoniak	<ul style="list-style-type: none"> • ab 21 mg/m³ Schleimhautreizung, respiratorische Symptome • ab 35 mg/m³ Infektionsrate erhöht • ab 49 mg/m³ Keratokonjunktivitis beim Geflügel • um 212 mg/m³ sofortige Schleimhautreizung, Krampfneigung • um 28384 mg/m³ (4 Vol %) akut tödlich
Methan	<ul style="list-style-type: none"> • Einatmung von 527957 mg/m³ (79 Vol %) bei 21 Vol % Sauerstoff ohne Störung bei Tieren
Kohlendioxid	<ul style="list-style-type: none"> • ab 55014 mg/m³ (3 Vol %) Atembeschleunigung • ab 73352 (4 Vol %) Schläfrigkeit • um 110028 mg/m³ (6 Vol %) erschwerte, asphyktische Atmung • um 146704 mg/m³ (8 Vol %) Bewusstlosigkeit • um 366760 mg/m³ (20 Vol %) Tod

Quelle: HARTUNG (1988), umgerechnet in mg/m³ nach BRUNSCH (1999)

2.4.5 Ausgewählte Parameter der Akustik

Eine Luftdruckveränderung am Ort des Schallauftritts wird gemeinhin als **Schall** definiert. Ist dieser Schall für das Ohr des Individuums wahrnehmbar, wird von Hörschall gesprochen. Die im Bereich des Hörschalls feststellbaren Druckänderungen sind sehr gering und bereits Änderungen im μbar -Bereich reichen bei einem Normaldruck von 1013 mbar aus, Reizungen des menschlichen Ohres auszulösen. OLDENBURG (2002 a) bezeichnet Schall als mechanische Schwingungen der materiellen Teilchen in einem elastischen Medium, wobei Schwingungen in festen Körpern als Körperschall und Schwingungen in der Luft als Luftschall bezeichnet werden. Plötzlich einsetzender Schall hoher Stärke (z.B. Explosion) wird von THURM (1990) als besonders gefährlich angesehen, da er die zeitgebundenen Adaptationsmechanismen außer Kraft setzt.

Lärm ist nach HEUWIESER (1982) keine Größe, die exakt technisch oder physikalisch definierbar ist. Der Autor fasst Lärm als die Summe zahlreicher Faktoren zusammen, die neben physikalischen auch physiologische, psychologische und soziologische Komponenten aufweisen. Das Bundesimmissionsschutzgesetz besagt, dass

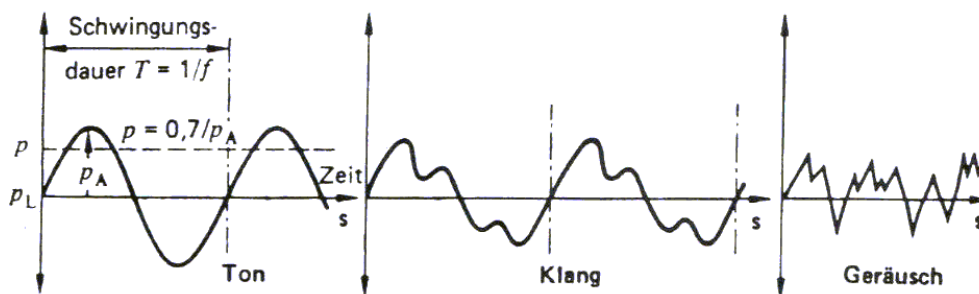
Menschen sowie Tiere vor Lärm zu schützen sind. Zur Beurteilung von durch Lärm bedingten Schäden muss zwischen lokalen Schäden am Hörorgan (aurale Schäden) und den Wirkungen auf den gesamten Organismus (extraaurale Schäden) unterschieden werden (SCHRIEVER 1985).

Die in der Einheit Hertz angegebene Druckänderung pro Sekunde wird als **Frequenz** des Schalls bezeichnet (TESTO o.J.). Hohe Töne zeichnen sich durch hohe Frequenzen, niedrige Töne durch niedrige Frequenzen aus.

Die DIN 1320 unterscheidet je nach Frequenz folgende Schallformen:

- Infraschall = Frequenz < 16 Hz
- Hörschall = Hörfrequenzbereich des Menschen etwa 16 Hz bis 16 kHz
- Ultraschall = Frequenz > 16 kHz
- Hyperschall = > 1 GHz

Die Unterschiede zwischen den Begriffen **Ton**, **Klang** und **Geräusch** beschreibt OLDENBURG (2002 a) (vgl. Abb. 6). Töne entstehen bei der sinusförmigen Schwingung eines festen Körpers. Reine Töne zeichnen sich dadurch aus, dass sie nur eine Frequenz besitzen.



p_L : atmosphärischer Druck

p_A : Amplitude

p : effektiver Druck = $0,71 p_A$

f : Frequenz

Abbildung 6: Graphische Darstellung der Unterschiede von Schwingungen bei Tönen, Klängen und Geräuschen
 SCHRAMEK, 1999, in: Methling, W. und J. Unshelm (Hrsg.): Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleittieren, 2002, S. 34

Im Alltag erlebt man Schall als die Summe verschiedener Töne. Sind mehrere hörbare Töne gegeben, so erhält man einen Klang, vorausgesetzt die Schwingungszahlen der einzelnen Töne stehen im ganzzahligen („harmonisch“) Verhältnis zueinander. Bei nicht aufeinander abgestimmten Schwingungen einzelner Töne entsteht ein Geräusch.

Das Ohr besitzt aufgrund seiner Anpassungen an die Umwelt die Fähigkeit, unterschiedlich empfindlich auf verschiedene Frequenzen zu reagieren (vgl. Abb. 7).

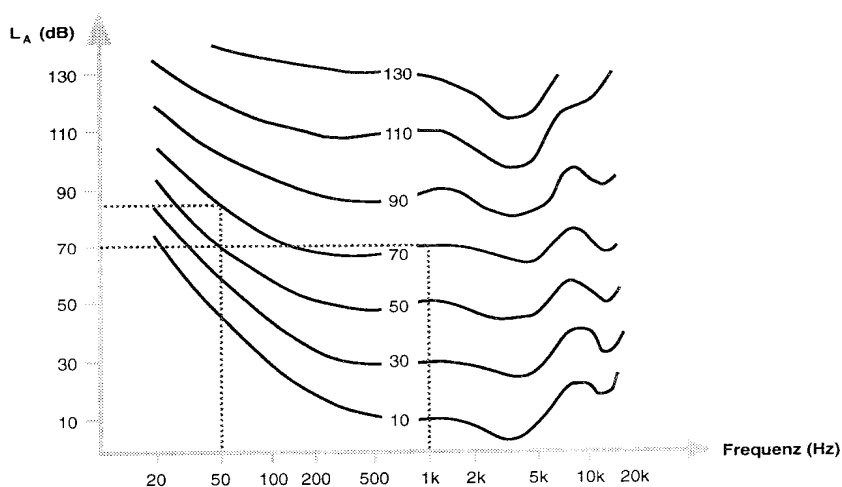


Abbildung 7: Kurven gleicher Lautstärke
Quelle: TESTO, Einführung in die Schallmesstechnik

Die in Abbildung 7 dargestellten Kurven gleicher Lautstärke zeigen, dass beispielsweise bei einer Frequenz von 1 kHz der Pegel von 70 dB gleich laut ist wie bei 50 Hz ein Pegel von 88 dB. Schall, welcher kürzer als eine Sekunde ist (impulsartiger Schall), wird vom Ohr weniger stark wahrgenommen als permanenter Schall.

Der Dynamikumfang des menschlichen Ohres liegt bei 1 : 300.000. Das heißt, dass das leiseste, für den Menschen noch hörbare Geräusch Luftdruckschwankungen von 20 μPa erzeugt und das lauteste, ohne Schmerzen wahrnehmbare Geräusch Druckschwankungen von 63 Pa entspricht (TESTO o.J.).

Zur besseren Darstellung großer Dynamikbereiche werden in der Physik logarithmische Skalenwerte verwendet. Die Einheit Dezibel ist keine absolute Einheit und ba-

siert auf dem Verhältnis einer beliebigen, gemessenen Größe zu einem vereinbarten Bezugspegel. Als allgemeine Formel zur Berechnung des Schalldruckpegels gilt:

$$Pegel(dB) = 20 \log \frac{P}{P(ref)}$$

P = gemessener Schalldruck

$P(ref)$ = Referenzwert (20 μPa)

Der logarithmische Aufbau der Dezibelskala legt zur Addition mehrerer Geräuschquellen folgende Formel zugrunde:

$$L = 10 \times \log \left(10^{0,1 \times L_1} + 10^{0,1 \times L_2} + \dots 10^{0,1 \times L_n} \right)$$

L dB Pegel

L_1 dB- Pegel der ersten Geräuschquelle

L_2 dB- Pegel der zweiten Geräuschquelle

L_n dB- Pegel der n-ten Geräuschquelle

2.4.5.1 Funktionsprinzip von Schallpegelmessern

Der schematische Aufbau eines Schallpegelmessers ist in Abbildung 8 dargestellt. Nach Angaben eines Herstellers solcher Schallpegelmessers gehen die Schallwellen nach dem Empfang durch das Mikrofon folgenden Weg.

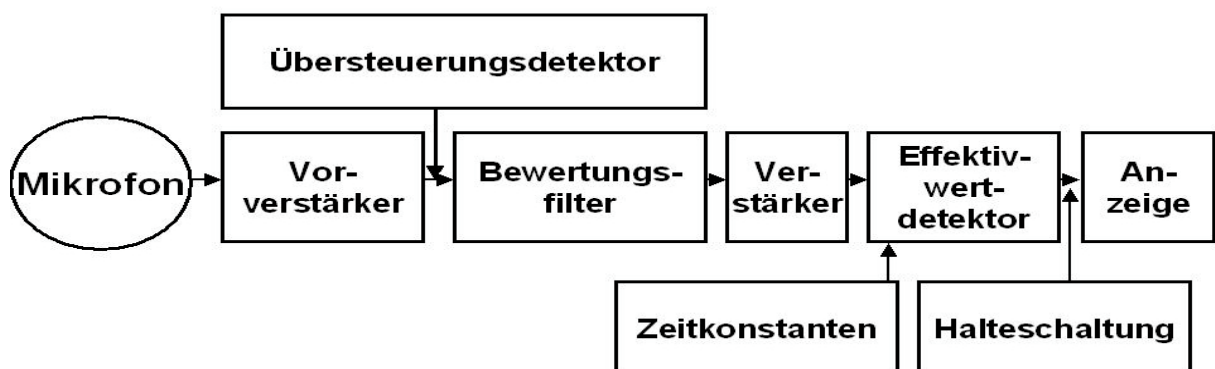


Abbildung 8: Schematischer Aufbau eines Schallpegelmessers,
Quelle :TESTO, Einführung in die Schallmesstechnik

Vom Mikrofon empfangene Schallwellen werden über einen Vorverstärker auf einen Bewertungsfilter gegeben. Der Bewertungsfilter ist verantwortlich dafür, dass das Gerät Schallwellen so misst, wie es das menschliche Ohr empfindet. Ein weiterer Verstärker leitet das Signal zum Effektivwertdetektor. Dieser ermittelt aus dem anliegenden Wechselstromsignal den Effektivwert, welcher auf dem Display des Gerätes abzulesen ist. Durch den Einsatz elektrischer Filter ist es möglich, die Empfindlichkeit von Messgeräten an das Empfinden des menschlichen Ohres anzupassen (vgl. Abb. 9). Die Bewertungen werden in dB (A), (B), (C) oder (D) vorgenommen, wobei der mit „A“ bewertete Schallpegel als Maßstab der Zulässigkeit von Schallpegeln benutzt wird. Die „A“-Bewertung ist diejenige Kurve, die nach empirischen Erhebungen mit den Lautstärkeempfindungen des Menschen am besten übereinstimmt und deshalb international am gebräuchlichsten ist.

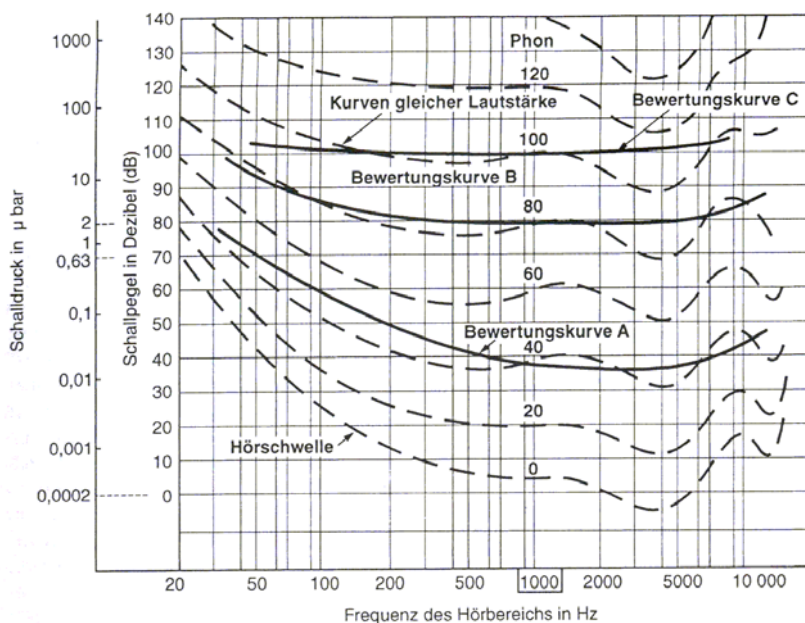


Abbildung 9: Schallbewertungskurven sowie Kurven gleicher Lautstärke
EICHHORN 1999, in: Methling, W. und J. Unshelm (Hrsg.): Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleittieren

DIETZE (1998) führt über die weiteren Bewertungsmöglichkeiten folgendes aus: „Die „B“-Bewertung wird benötigt, wenn mit früheren DIN-phon-Werten verglichen werden soll oder um die Lästigkeit tieffrequenter Geräusche, wie Kraftfahrzeuginnengeräusche, die mit der A-Bewertung zu gering beurteilt würden, zu bestimmen. Die „C“-Bewertung wird oft für die Bewertung von Impulsen verwendet, die Maximalpegel über 120 dB erreichen“.

2.4.5.2 Schallbewertung und Immissionsrichtwerte

Die Bewertung von Schall in der Tierhaltung aus wissenschaftlicher und praktischer Sicht ist noch immer lückenhaft. Gründe dafür sind zum einen in der noch ungeklärten Wirkung von Schall auf das Verhalten der verschiedenen Spezies zu sehen. Zum anderen ist das Wissen über die Hörbereiche von Tieren noch ungenügend. Aus dieser Tatsache heraus werden bei der Beurteilung von Schall in der Tierhaltung Richtlinien aus dem Humanbereich angewendet. In der TA Lärm (1998) sind Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden festgeschrieben (vgl. Tab. 5).

Tabelle 5: Immissionsrichtwerte für außerhalb von Gebäuden liegende Immissionsorte

<i>Gebietscharakter</i>	<i>Beurteilungspegel in dB (A)</i>	
	Tag, 6-22 Uhr	Nacht, 22-6 Uhr
Industriegebiete	70	55
Gewerbegebiete	70	40
Kerngebiete, Dorfgebiete, Mischgebiete	65	50
Allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	50	35
Reine Wohngebiete	60	45
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	45	35

Quelle: TA Lärm, 1998

Eine Einteilung wird in Tages- und Nachtwerte vorgenommen, wobei die Tageswerte zwischen 10-15 dB (A) über den Nachtwerten liegen. Ergänzende Richtwerte sind z.B. in der Sportanlagenlärmschutzverordnung, der Verkehrslärmschutzverordnung, der VDI- Richtlinie 2058 (1985) und der DIN 18005 „Schallschutz im Städtebau“ (1977) zu finden. Die Arbeitsstättenverordnung trifft Aussagen über Höchstwerte von Lärmereignissen am Arbeitsplatz des Menschen. Dass bereits bei dauerhafter Lärmeinwirkung über 45 dB(A) negative Auswirkungen auf das Wohlbefinden des Menschen auftreten, zeigt Abbildung 9. So können bereits ab Lautstärken von 40 dB(A) Belastungen des Organismus wie Schlafstörungen oder Kommunikationsstörungen auftreten. Lärmimmissionen von über 110 dB(A) schädigen das Gehör schon bei kurzfristiger Einwirkung.

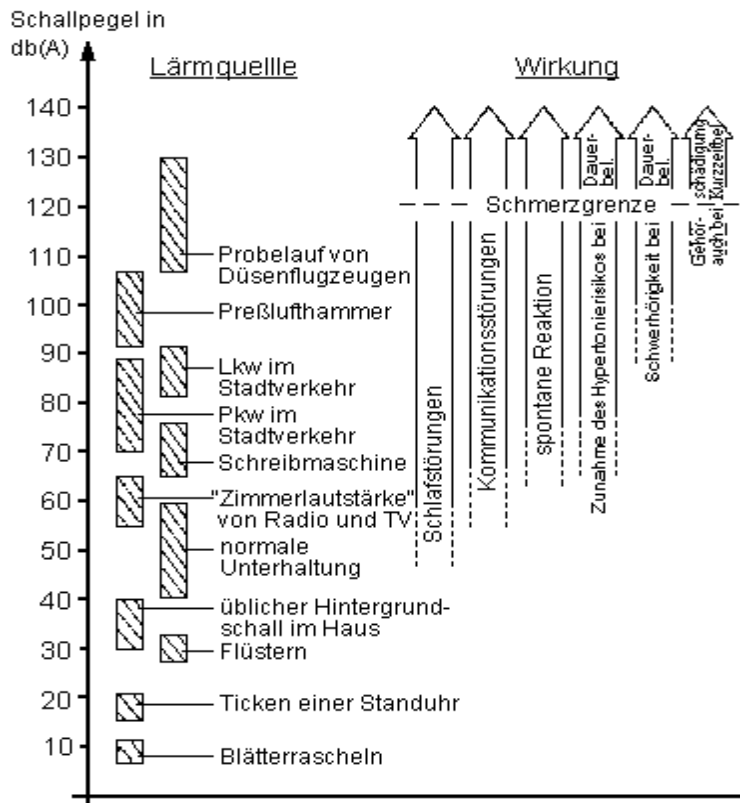


Abbildung 10: Lärmquellen und deren Schallpegel dB (A) sowie mögliche Auswirkungen
Quelle: UMWELTATLAS, BERLIN 2002

2.4.5.3 Hörvermögen von Nutztieren

Die Hörbereiche unserer landwirtschaftlich genutzten Tiere sind aufgrund anatomischer Gegebenheiten unterschiedlich ausgeprägt, wie in Tabelle 6 dargestellt. PHILLIPS (1993) gibt an, dass der Bereich von hörbaren Frequenzen für den Menschen eingeschränkter ist als bei Rindern. Der Punkt, an dem ein Geräusch mit der geringsten Amplitude wahrgenommen werden kann, tritt beim Menschen zwischen 1-4 kHz und beim Rind bei 8 kHz auf. Die Intensitätsschwelle ist hier mit ungefähr 26 dB (A) am tiefsten. Unter und über 8 kHz ist ein Anstieg der Hörschwelle festzustellen.

Tabelle 6: Hörbereich verschiedener Nutztiere und des Menschen, ermittelt durch Audiogramme

<i>Tierart</i>	<i>Frequenzbereich untere Grenze, Hz</i>	<i>Frequenzbereich obere Grenze, kHz</i>	<i>Frequenzbereich be- stes Hören, kHz</i>
Pferd	55	33,5	2
Rind	23	37,0	8
Schaf	125	42,0	10
Ziege	78	37,0	2
Schwein	42	40,5	8
Kaninchen	96	49,0	4
Mensch	31	17,6	4

Quelle: HEFFNER (1998)

Derselbe Autor stellt weiterhin fest, dass hochfrequente Geräusche, wie sie von Aggregaten im Melkstand erzeugt werden, Rinder beunruhigen können, während die gleichen Geräusche vom Melkpersonal nicht wahrgenommen werden. Menschen sind in der Lage, Geräuschquellen in einem Winkel von bis zu 1° zu lokalisieren. Rinder lokalisieren Geräuschquellen in einem Winkel von bis zu 30°.

2.4.5.4 Schall und seine Auswirkungen auf das Tier

Starker oder permanenter Lärm wirkt als Stressor negativ auf das Wohlbefinden der Tiere (WAYNERT et al. 1999; SCHÄFFER et al. 2001). Ausführungen für die Tierart Schwein werden dazu im REPORT OF THE SCIENTIFIC COMITEE (1997) gemacht. Dabei ist zwischen Schall zu unterscheiden der zu Zwecken der Kommunikation von den Tieren selbst stammt und Schall, welcher von den im Stall befindlichen Ausrüstungsgegenständen herrührt. Dies betrifft in erster Linie Lüftungsanlagen sowie Fütterungseinrichtungen (STEPHAN 1991).

Das Wissen über die Effekte von Lärm auf das Verhalten von Nutztieren ist noch ungenügend. Sind für den Menschen Normen für maximale Lärmeinwirkungen in allen Bereichen des täglichen Lebens vorhanden, so fehlen ähnliche Bestimmungen für den Bereich landwirtschaftlicher Nutztiere. Dies ist besonders vor dem Hintergrund

problematisch, dass von den Tieren hohe Leistungen abverlangt werden, aber sich das Tier, anders als der im Stallbereich arbeitende Mensch, 24 Stunden im Stall aufhält und somit den Lärmbeeinträchtigungen rund um die Uhr ausgesetzt ist.

Lärmempfindungen sind subjektiver Natur und somit von Individuum zu Individuum und dessen Gesamtkonstitution unterschiedlich. Überschreitet die Einwirkung von Lärm auf ein Individuum jedoch bestimmte Grenzwerte an Zeit und Intensität, kann es zu gesundheitlichen Schädigungen mit zum Teil irreversiblen Folgen kommen. Von HEUWIESER (1982) und STEPHAN (1991) wird Lärm als die physikalische Größe Schall und deren physiologische, psychologische, ethologische und soziologische Einwirkung auf biologische Körper beschrieben, die körperliche, seelische und soziale Komponenten ansprechen kann. Dass laute Geräusche von Tieren als störend empfunden und deren Entstehungsorte gemieden werden, wiesen MC ADIE et al. (1993) an Hennen nach. HEFNER (1998) ist jedoch der Meinung, dass dies nicht zwangsläufig so ist und dass es von der Gewöhnung des Tieres an das jeweilige Geräusch bzw. der jeweiligen „Geschichte“ des Tieres abhängig ist.

Die aus Stress resultierenden Auswirkungen auf die Leistungen und das Wohlbefinden von landwirtschaftlich genutzten Tieren sind ebenso vielschichtig wie deren Ursachen. Sowohl hohe Stallbelegungen als auch das jeweils installierte Lüftungssystem nehmen Einfluss auf den Geräusch- bzw. Lärmpegel. Weiterhin tragen unverkleidete Stallinneneinrichtungen dazu bei, den Lärmpegel im Stall negativ zu beeinflussen. ALGERS et al. (1978 a) zeigen in einer Literaturstudie die negativen Auswirkungen von anhaltendem Lärm auf die gesamte Physiologie von Nutztieren.

Besondere Aufmerksamkeit wurde in zahlreichen Untersuchungen den Auswirkungen von Fluglärm auf die Tiergesundheit zuteil. Zu erwähnen sind in diesem Zusammenhang die Arbeiten von GRANACHER (1985) sowie SCHRIEVER (1975). Ein direkter Zusammenhang zwischen Aborten beim Rind aufgrund von Lärmbeeinträchtigungen konnte durch HEUWIESER (1982) sowie BEYER (1983) nicht nachgewiesen werden. Zu Ähnlichen Ergebnissen gelangten KRÜGER (1982) und ERATH (1984) bei der Untersuchung des Einflusses von Fluglärm auf die Trächtigkeit von Stuten. Auf die summierende Wirkung von unterschiedlichen Reizen in heutigen Haltungssystemen weisen verschiedene Autoren hin. So genannte „Crowding Effekte“ beeinflussen auch den in diesen Anlagen arbeitenden Menschen. Lärm wird als Umweltfaktor und chronische Belastungsform zur Beurteilung von Haltungssystemen heran-

gezogen. HEUWIESER (1982) kommt nach der Sichtung verschiedener Untersuchungen anderer Autoren zu keinem einheitlichen Ergebnis bezüglich der Auswirkungen von Lärm auf die Milchleistung von Kühen.

ALGERS und JENSEN (1985) fanden bei kontinuierlichem Ventilatorenlärm von 85 dB (A) negative Wirkungen auf die Stimulationszeit von Ferkeln auf das mütterliche Gesäuge. Die gleichen Autoren beschreiben 1991 die negative Auswirkung von hohen Lärmpegeln auf die Milchleistung von Sauen. SPENSLEY und HARTUNG (1994) weisen auf erhöhte Herzfrequenzen und aktiviertes Abwehrverhalten von Schweinen bei der Einwirkung von plötzlichem und hohem Lärm sowie hohen Frequenzen hin.

Schwierigkeiten bei der Bewertung von Lärm aufgrund unterschiedlicher Empfindungen des einzelnen Individuums und der Ermittlung der Emmissionsquelle des Lärms sehen MEHLHORN und SCHEIDLER (1973). Dabei muss zwischen vom Tier erzeugten Geräuschen, die der Verhaltensäußerung dienen sowie maschinell bedingten Geräuschen unterschieden werden. WOLF und MARTEN (2002) gehen von einem Gewöhnungseffekt bei Rindern an große Lärmbelastungen aus. Sie konnten bei Höchstwerten von 100 dB (A), die während der Futtervorlage durch den Mischwagen hervorgerufen wurden, keine negativen Auswirkungen auf das Tierverhalten beobachten.

2.4.6 Stallkeimflora

Der Haltungsbereich landwirtschaftlich genutzter Tiere ist in seiner Gesamtheit als ein künstlich geschaffenes System zu verstehen, in dem der Keimgehalt einen wichtigen Bestandteil darstellt. In der Milchviehhaltung gelangen durch die Vektoren Luft, Tier und Mensch Bestandteile der Keimflora in den Melkstand. Die Keimflora kann somit als Bestandteil der Prozessqualität Einfluss auf die Kühe und die Milch nehmen. DODD et al. (1966) sehen in der Melkanlage einen wichtigen Vektor für die Übertragung von Keimen auf das Euter.

Unter dem Begriff „Stallkeimflora“ definiert MEHLHORN (1985) den biologischen, mit geeigneten Nährmedien und Kultivierungsmethoden vermehrungsfähigen Anteil des in der Stallluft vorhandenen Aerosols sowie der auf den Stalloberflächen lagernden

Staub- bzw. Kotpartikel und Flüssigkeit. Der Autor führt weiterhin aus, dass die Stallkeimflora nicht nur Quelle und Ergebnis der Besiedlungsflora ist, sondern zugleich Erregerreservoir und Übertragungsweg, indem, von wenigen Ausnahmen abgesehen, die Infektionserreger zumindest kurzzeitig Bestandteil der Stallkeimflora sind. Dieser Problemkreis schließt die Überlebensbedingungen für Krankheitserreger sowie die mikroökologischen Beziehungen im Stallmilieu (Tier, Mensch, Staub, Kot, Harn, Gülle, Futtermittel etc.) ein.

Die Stallkeimflora wird von MEHLHORN (1985) in drei Existenzformen unterschieden:

- Schwebfähiges Keimaerosol (Einzelkeime oder sehr feine Agglomerate von Keimen mit feinsten Staub- und Wasserdampfpartikeln).
- Sedimentierendes Keimaerosol (größere Keimagglomerate, die an Staubpartikel oder an Wassertröpfchen gebunden sind).
- Keimflora der Oberflächen (gebunden an abgelagerten Staub, Kot, Harn, Futtermittel, Wasser, Einstreu oder ungebunden haftend an der Oberfläche).

Für das Niveau der Keimkonzentrationen in der Stallluft sind nach Angaben des gleichen Autors folgende Faktoren von entscheidender Bedeutung:

- Tierkonzentration
- Alter der Tiere bzw. Produktionsstufe
- Haltungs- bzw. Aufstallungsform
- Dauer des Produktionsrhythmus
- Tageszeitlicher Produktionsablauf
- Hygieneregime
- Lüftungsart bzw. Luftwechsel
- Stallklimatische Bedingungen (Lufttemperatur, rel. Luftfeuchte)
- Staubgehalt der Stallluft

PEARSON und SHARPLES (1995) zitiert in SEEDORF und HARTUNG (2002) sehen das Futter als wesentlichste Quelle von Stallstaub, mit einem Anteil von 80 bis 90 % am Schwebstaub. Weitere Quellen stellen die Einstreu (55-68 %) und die Tiere selbst (bis 12 %) dar. Einen Anteil von zwei bis acht Prozent am Gesamtstaub nehmen nach HARTUNG (1986) die Fäkalien ein.

Mastitiden sind durch verschiedene Erreger hervorgerufene Eutererkrankungen. Dabei können die Erreger in zwei Kategorien eingeteilt werden, den kuhassoziierten sowie den umweltassoziierten Erregern. Zur ersten Gruppe sind *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysagalactiae*, sowie *Staphylococcus aureus* zu zählen. Ihr Hauptreservoir ist die Milchdrüse. Sie zählen zu den wichtigsten Mastitiserregern weltweit. Das Spektrum der krankhaften Veränderungen reicht von subklinischen über akute bis hin zu chronischen Entzündungen des Euters. Zur zweiten Gruppe gehören die coliformen Keime, Enterokokken, *Streptococcus uberis* sowie Schimmelpilze und Hefen. Sie sind in der Haltungsumwelt der Tiere permanent vertreten und werden durch den direkten Kontakt mit der Umwelt übertragen.

BERNER und SCHALLER (1986) untersuchten in drei Milchviehställen (zwei Anbindeställe, ein Fressliegeboxenlaufstall) den auf und unter den Liegematten befindlichen Schmutz bakteriologisch. Mittels Schmutzsammelproben (SSP)³ konnten folgende Mittelwerte ermittelt werden (vgl. Tab. 7).

Tabelle 7: Gesamtzahl der KBE von den Mattenoberseiten in drei Ställen (Mittelwerte, log KBE /g),

	<i>vordere Hälfte</i>	<i>hintere Hälfte</i>
Stall A (Anbindestall)	8,026 (± 0,898)	8,218 (± 0,645)
Stall B (Anbindestall)	8,854 (± 0,741)	8,850 (± 0,713)
Stall C (Laufstall)	9,739 (± 0,690)	9.392 (± 0,442)

Quelle: BERNER und SCHALLER (1986)

³ SSP, Aufschwemmung des Schmutzes in physiologischer Kochsalzlösung, Herstellung einer Suspension, Bestimmung der KBE-Zahl in der Suspension, KBE= Kolonie bildende Einheit

In den Proben wurden neben coliformen Keimen und Streptokokken (*Sc. uberis*) auch Staphylokokken (*Sta. aureus*) nachgewiesen. Die Autoren gehen aufgrund ihrer Ergebnisse davon aus, dass Liegematten in Milchviehställen kein hygienisches Risiko darstellen.

2.4.6.1 Erfassung von Keimen

Keime aus der Stallluft und von Oberflächen lassen sich mithilfe verschiedener Methoden erfassen. Eine Zusammenstellung der unterschiedlichen Methoden liefert MEHLHORN (1985) in Tabelle 8.

Tabelle 8: Keimsammelmethoden aus der Stallluft und von Stallobereflächen

<i>Stallluft</i>	<i>Oberflächen</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentation (Koch'sches Plattenverfahren) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tupferabstrichverfahren (swab-Verfahren)
<ul style="list-style-type: none"> • Impaktion (Ausschleudern, Aufprallverfahren, Konimeterprinzip, Zentrifugation) 	<ul style="list-style-type: none"> • Direkte und Indirekte Kontaktverfahren (Abdruck-, Abklatsch-, Replika-Verfahren)
<ul style="list-style-type: none"> • Filtration (Filter mit definierter Porengröße) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgussverfahren
<ul style="list-style-type: none"> • Präzipitation (Thermo-, Elektropräzipitation) 	<ul style="list-style-type: none"> • Absprühverfahren
<ul style="list-style-type: none"> • Impingement (Auswaschen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Destruktive Verfahren

Quelle: MEHLHORN, 1985

Einen Vergleich verschiedener Verfahren zur Beurteilung der mikrobiellen Kontamination von Melkzeugen und Melkanlage liefert ZIMMERMANN (2003). Die Autorin untersuchte in Melkständen von 31 Milchkuhbetrieben jeweils 2 Melkzeuge an verschiedenen Punkten mithilfe von drei unterschiedlichen Tupferentnahmeverfahren. Bei den Verfahren handelte es sich um ein standardisiertes Tupferverfahren nach DIN ISO 6887-1:1999 und zwei semiquantitative Verfahren (Trockentupfer- bzw. Mediumtupferverfahren). Die Studie ergab, dass sich alle drei verwendeten Tupferverfahren für die bakteriologische Diagnostik der Hygiene von Melkanlagen eignen. Einige Keimarten waren mit bestimmten Tupferverfahren zuverlässiger nachzuweisen, als die Gesamtkeimzahl mittels Mediumtupfer bzw. coliforme Keime mittels Trockentupfer.

2.4.6.2 Digitale Bildverarbeitung als Möglichkeit der Erfassung von Verschmutzungen

Die digitale Bildverarbeitung findet überall dort Anwendung, wo geometrische oder thermische Informationen aus digitalen Bildern gewonnen werden sollen. Auf der Basis visueller Informationen werden Entscheidungen getroffen. Große Anwendung und Verbreitung erlangte die digitale Bildverarbeitung in einer Reihe von Produktionsprozessen in der Industrie oder Sicherheitstechnik, z.B. in der automatischen Qualitätskontrolle der Automobilindustrie oder Objektsicherung (HINZ 2000). Die Vorteile der digitalen Bildverarbeitung bestehen dabei in der sofortigen Lieferung von Informationen, der beliebigen Wiederholbarkeit der Prozedur, den Transformierungsmöglichkeiten der Bilder sowie deren Bearbeitungsmöglichkeit.

In der Landwirtschaft gibt es bereits eine Reihe möglicher Einsatzbereiche für diese Technologie (HEMMING 1998). Die Anwendung von Image Processing in der Milchgewinnung ist bis jetzt noch nicht realisiert, scheint jedoch als eine Möglichkeit in Betracht zu kommen, die Produktionsumwelt beim Melken zu überwachen. Sich im zeitlichen Verlauf ändernde Bedingungen hinsichtlich des Verschmutzungsgrades von bestimmten Bereichen der Melkeinheit ließen sich hiermit darstellen.

3 Eigene Untersuchungen, Material, Methode und Tiere

3.1 Stallgebäude

Als Kuhstall dient ein 1970 erbauter und 1997 umgebauter Typenstall L 201, der für 122 Kühe Platz bietet (s. Anhang, Abb. 47). Die Liegeboxen sind als Hochliegeboxen gestaltet und mit Gummimatten ausgelegt. Entmistet wird die planbefestigte Lauffläche mithilfe einer stationären Stangenschieberanlage. Der Stall ist frei belüftet. Zur Verbesserung der Lüftung wurden die Fenster des Stalles entfernt sowie eine Giebelseite offen gelassen. Die Fütterung der Kühe mit Grundfutter erfolgt auf dem außerhalb des Stalles befindlichen Futtertisch zweimal pro Tag. Die Abmessungen und Raummaße des Stalles sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Maße des Stalles und Stallraumvolumina

<i>Maße</i>		<i>Stallraumvolumen</i>	
Länge	61,50 m	Luftraumvolumen Stall	4018 m ³
Breite	12 m	Luftraumvolumen pro Kuh	35 m ³
Höhe bis zur Traufe	3,45 m		
Dachneigung	25 %		

Quelle: eigene Berechnung

3.1.1 Melkeinheit

Die Milch wird mithilfe zweier zentral im Stallgebäude angeordneter AMS vom Typ „Lely-Astronaut[®]“ gewonnen. Die jährliche Milchleistung liegt bei 7500 kg Milch pro Kuh und Jahr. Kraftfutter erhalten die Kühe ausschließlich in den Melkboxen. Die Anlagen werden mit freiem Tierverkehr betrieben.

3.1.2 Verwendete Messtechnik

Für die Erfassung des Stallklimas wurde die in Tabelle 10 aufgeführte Messtechnik verwendet.

Tabelle 10: Eingesetzte Messtechnik zur Datenerfassung

<i>Parameter</i>	<i>Eingesetzte Messtechnik</i>	<i>Bemerkungen</i>
Temperatur und rel. Luftfeuchte	Temperatur und Luftfeuchtigkeitslogger, Fa. TESTO, Deutschland Messgenauigkeit für Temperatur: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ rel. Luftfeuchte: $\pm 5\%$	Je nach Messort einstellbarer Messzyklus.
Schadgas	Multigasmonitor, Type 1302, Fa. Bruel & Kjaer, Dänemark Einsatz mithilfe des Mehrprobennehmers 1309 Eingesetzte Filter/ Nachweisgrenze Für: NH_3 UA 0976 / 0,2 ppm CO_2 UA 0982 / 1,5 ppm CH_4 UA 0987 / 0,10 ppm	Mögliche Querempfindlichkeiten zu anderen Gasen der Stallluft können bestehen. Die Länge des Messzyklus ist nur begrenzt veränderbar.
Schallpegel	Environmental Sound Analyser, Nor- 121, Fa. Norsonic, Norwegen Mikrofon Kondensatormikrofon Norsonic Typ 1225 Mikrofonkabeinfluss $< 0,1\text{ dB}$ Bezugsschalldruckpegel 114 dB	Lärmüberwachungsgerät zur Schall- und Frequenzaufzeichnung.
Verschmutzung und Keime	Sterile Tupfer, Erfassung von Verschmutzungszuständen mittels Image Processing Verwendete Kamera: Digitalkamera mit 3,2 Mio Megapixeln mit Stativ (8 bit Farbtiefe)	Die bakteriologische Analyse der Tupferproben wurde durch den LKV Mecklenburg-Vorpommern vorgenommen. Die Auswertung der digitalen Bilder erfolgt mittels Bildverarbeitungsprogramm Paint Shop Pro. 7.0.

Quelle: eigene Zusammenstellung

3.1.3 Messprogramme

3.1.3.1 Analyse von Temperatur und Luftfeuchte

Mit Hilfe von *Testo-Datenloggern* erfolgte die Erfassung der Parameter Temperatur und Luftfeuchte. Die Datenlogger wurden analog zu den Messpunkten für die Stallluft verteilt, um an den Messpunkten der Luftqualitätsanalyse auch Aussagen über die Bedingungen hinsichtlich der Temperatur und der rel. Luftfeuchte machen zu können (vgl. Tab.11). Die Programmierung der Datenlogger wurde so vorgenommen, dass die Logger im Bereich des AMS alle fünf Minuten einen Wert aufzeichneten. Damit bestand die Möglichkeit, auch eventuell auftretende kurzfristige Änderungen der Temperatur und rel. Luftfeuchte erfassen zu können. Alle anderen Logger arbeiteten im Rhythmus von 15 Minuten.

Tabelle 11: Anzahl der Messpunkte für die Parameter Temperatur und rel. Luftfeuchte und deren Verteilung

<i>Zeitraum</i>	<i>Verteilung der Messpunkte</i>	<i>Anzahl der Messpunkte</i>
März 2002	Melkbox	1
Juni 2002	Melkbox	1
	Stall	1
Januar 2003	Melkbox	1
	Stall	1
	Außenbereich	1

Quelle: eigene Versuche

3.1.3.2 Stallluftanalyse

Die Analyse der Stallluft in Bezug auf die Umgebungsgase erfolgte mithilfe des Multi-gasmonitors 1302 der Firma Brüel & Kjaer. In verschiedenen Arbeiten wird über die Möglichkeiten des Einsatzes dieses Messgerätes in Tierställen berichtet (BRUNSCH et al. 1992 und 1993; BREHME 2003). Das Gerät arbeitet auf Basis der photoakustischen Infrarotspektroskopie. Mit dem Gerät kann jedes Gas gemessen werden, welches infrarotes Licht absorbiert. In einer Luftprobe können bis zu fünf Gase sowie Wasserdampf analysiert werden. Um während eines Versuchsdurchganges mehrere Messpunkte nahezu simultan messen zu können, wurde das Messgerät mit einem

Mehrprobennehmer 1309 betrieben. Die Stallluftbestandteile Ammoniak, Kohlendioxid und Methan wurden mittels Multigasmonitor 1302 erfasst:

In drei Versuchsdurchgängen in den Monaten März 2002, Juni 2002 und Januar 2003 wurde an jeweils sieben aufeinander folgenden Tagen die Stallluft hinsichtlich der beschriebenen Parameter untersucht. Der Wahl der Zeitspanne und der Termine der Untersuchungen lagen folgende Annahmen zugrunde.

Mit einer Zeitspanne von jeweils sieben Tagen konnten ausreichend viele Daten für die statistische Auswertung der Versuche gewonnen werden. Die Anzahl der Daten resultiert aus der Menge der Messpunkte und der Anzahl der zu analysierenden Gase. Die Frequenz, mit der jeder Messpunkt erfasst wurde, lag zwischen 6 und 12 Minuten.

Tabelle 12: Anzahl der Messwerte in allen Versuchen

Anzahl der Messwerte pro Versuch	NH_3		CO_2		CH_4	
	AMS	Stall	AMS	Stall	AMS	Stall
März 2002	799	799	799	799	799	799
Juni 2002	743	743	743	743	743	743
Januar 2003	1673	-	1673	-	1673	-

Quelle: eigene Versuche

So wurden in den Versuchen März 2002 und Juni 2002 jeweils 799 bzw. 743 Werte pro Gas gewonnen. Die Anzahl der Messwerte im Versuch vom Januar 2003 lag bei 1673 pro Gas. Dies ergibt sich daraus, dass bei diesem Versuchsdurchgang ausschließlich die Melkbox beprobt wurde und keine weiteren Messpunkte im Stall oder Außenbereich vorkamen. Mit der Festlegung der Versuchslänge von sieben Tagen sollten kurzfristige Wetterumschwünge und deren Einflüsse auf die Messungen abgeschwächt werden. Aus der Literatur ist bekannt, dass die Übergangszeiträume der Jahreszeiten, wie der Übergang vom Winter zum Frühling, besonders problematisch für die Tiergesundheit sind und hier auch Probleme bei der Klimatisierung von Stallanlagen auftreten können. Gleiches gilt für extreme Wetterlagen im Sommer oder Winter, woraus sich die Termine für die Untersuchungen ergaben.

Mittels dreier Messpunkte sollte eine möglichst exakte Erfassung der Luftqualität innerhalb des Melksystems gewährleistet werden. Aus diesem Grund befand sich eine Messstelle direkt neben dem Kraftfuttertrog im Kopfbereich der Melkbox. Zwei weitere Messstellen wurden auf dem AMS jeweils im vorderen und hinteren Bereich der Box verteilt (s. Tabelle 13).

Tabelle 13: Anzahl der Messpunkte für die Erfassung der Qualität der Umgebungsluft und deren Verteilung

<i>Zeitpunkt</i>	<i>Verteilung der Messpunkte</i>	<i>Anzahl der Messpunkte</i>
März 2002	Melkbox	3
	Stall	1
	Außenbereich	2
Juni 2002	Melkbox	3
	Stall	1
	Außenbereich	2
Januar 2003	Melkbox	3

Quelle: eigene Versuche

Zur Charakterisierung der Luftqualität im Stall erfolgte die Anbringung einer Messstelle innerhalb des Stallgebäudes. Um mögliche extreme Wettersituationen und deren Einfluss auf die Bedingungen im Stall und AMS erfassen zu können, wurde ein Versuchsdurchgang in den Januar 2003 gelegt.

3.1.3.3 Schallanalyse

Die Messungen wurden mithilfe des Schallanalysators NOR 121 der norwegischen Firma NORSONIC analysiert. Das Gerät kann sowohl stationär mittels Stativ als auch mobil eingesetzt werden.

Während der Untersuchungen stand die Frage nach den Schallquellen, den Schallfrequenzen und der Höhe des Schallpegels im Zentrum der Betrachtungen. Dazu wurden beide AMS und ihre jeweiligen Peripherien in allen möglichen Betriebszuständen des Systems untersucht. Anschließend erfolgte die Analyse der topographischen Verteilung des Lärmpegels im gesamten Stall. Die Schallmessungen wurden an die betrieblichen Abläufe angepasst und erfolgten im Dynamikbereich von 80 dB bei einer Obergrenze von 110 dB sowie einer Empfindlichkeit von -0,26 dB. Das Zeitprofil der Datenerfassung lag bei 0,5 Sekunden pro Messwert, d.h. es wurden 2

Messwerte pro Sekunde gespeichert. Die Bestimmung der Schallbelastung erfolgte mithilfe des äquivalenten Dauerschalldruckpegels L_{eq}^4 . Gemessen wurde im Bereich von 18 Oktavbändern in den Grenzen zwischen 0,125 Hz bis 16 kHz.

Bei Schallmessungen an beiden AMS während 2 Versuchsdurchgänge ging es um die Erfassung der durch die beiden Melkroboter verursachten Schallpegel in all ihren Arbeitszuständen. Beginnend mit dem Ruhepegel des Systems sind 17 Messungen aufgezeichnet worden.

3.1.3.4 Analyse des Verschmutzungsgrades und des Keimgehaltes

Zur Darstellung der Keimsituation an sensiblen Punkten des Melkplatzes wurden zwei Untersuchungen durchgeführt. Als sensible Punkte können die Bereiche des AMS, die eine Schnittstelle zwischen Kuh- Technik und Endprodukt darstellen, betrachtet werden. Hier sind die Melkbecherköpfe (A), der Getriebeblock der Reinigungsbürsten (B) sowie der Ansetzarm des Roboters (C) zu nennen (s. Abb. 11).



Abbildung 11: AMS im Praxisbetrieb mit den analysierten Baugruppen Melkbecherkopf (A) Getriebeblock der Reinigungsbürsten (B), Ansetzarm des Roboters (C),
Quelle: eigenes Foto

⁴ Der L_{eq} (auch Mittelungspegel genannt) wird durch Mittelwertbildung über eine definierte Zeit, für zeitlich wechselnde Schallpegel gebildet. Bei vielen Schallereignissen ist der Schallpegel nicht konstant, sondern variiert in Abhängigkeit von der Zeit. Zur besseren Vergleichbarkeit solcher Schallereignisse untereinander wird dieser Einzahlwert gebildet.

Ziel dieser beiden Untersuchungen war die Erfassung einer Veränderung der Keimkonzentration auf den genannten Oberflächen im zeitlichen Verlauf. Zur Probennahme wurden sterile Tupfer verwendet. Die Entnahmen der Tupferproben erfolgten nach einem festgelegten Schema (vgl. Tab. 14). Die vor einer Reinigung und Desinfektion (R+D) genommene Tupferprobe diente als Festlegung eines Ist-Zustandes des Systems an den beschriebenen Teststellen, wobei die letzte R+D mehr als acht Stunden zurück lag. Anschließend erfuhr die Peripherie des AMS eine R+D mit einer 0,25%igen Peressigsäurelösung. Nach dieser Reinigung erfolgte wiederum eine Tupferprobe, welche zur Überprüfung des Reinigungserfolges diente. Die nachfolgenden Tupferproben wurden im Abstand von einer bis vier Stunden nach der R+D sowie eine letzte nach weiteren acht Stunden genommen. Das Labor des LKV Mecklenburg-Vorpommern untersuchte die Proben hinsichtlich des vorhandenen Keimspektrums. Besonderes Augenmerk lag dabei auf pathogenen Mastitiserregern, welche durch die Melkanlage von Kuh zu Kuh übertragen werden können.

Tabelle 14: Schema der Probenahme an den Messpunkten Melkbecherkopf, Getriebeblock der Reinigungsbürsten, Ansetzarm des Roboters

<i>Versuch</i>	<i>T1</i>	<i>R</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>	<i>T6</i>	<i>T7</i>
März 02	X		X				X	X
Juni 02	X		X	X	X	X	X	X

Quelle: eigene Versuche

T1: Ist-Zustand bei Versuchsbeginn

R: Reinigung und Desinfektion der Messstellen (R+D)

T2: Überprüfung des Reinigungserfolges

T3: eine Stunde nach R+D

T4: zwei Stunden nach R+D

T5: drei Stunden nach R+D

T6: vier Stunden nach R+D

T7: acht Stunden nach R+D

Von den in Abbildung 11 dargestellten Bauteilen des AMS wurden zeitgleich zu den Tupferproben digitale Bilder aufgenommen, um die Verschmutzungszustände der jeweiligen Flächen zu dokumentieren. So konnten Aussagen über die Entwicklung von Verschmutzungen im zeitlichen Verlauf getroffen werden. Die Bilder mit einer Auflösung von 1152 x 872 Bildpunkten wurden im Ruhezustand des Systems mithilfe eines Stativs aufgenommen. Mit diesen digitalen Bildern wurden Differenzbilder unterschiedlicher Verschmutzungszustände erstellt und miteinander verglichen. Die verglichenen Teilausschnitte waren 523 x 247 Bildpunkte groß.

3.1.3.5 Statistische Methoden

KÖHLER et al. (2002, S.1) teilen die Statistik in zwei Bereiche, einen deskriptiven (beschreibenden) und einen analytischen (schließenden) ein. Die Autoren beschreiben die Ziele der deskriptiven Statistik wie folgt: „Die beschreibende Statistik hat das Ziel, die gewonnenen Daten so darzustellen, dass das Wesentliche deutlich hervortritt - was „wesentlich“ ist, hängt von der Problemstellung ab, unterliegt aber auch häufig der subjektiven Einschätzung des Fachwissenschaftlers. Um Übersichtlichkeit zu erreichen, muss das oft sehr umfangreiche Material geeignet zusammengefasst werden. Die beschreibende Statistik bedient sich zu diesem Zweck hauptsächlich dreier Formen: Tabellen, graphische Darstellungen und charakteristische Maßzahlen“.

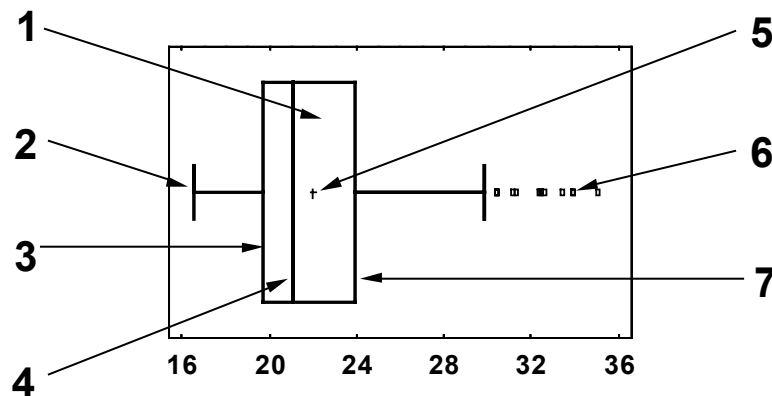
Zur Charakterisierung des Mikroklimas sind die erfassten Daten aufgearbeitet worden. Da die Datenmengen aus den Untersuchungen eines einzigen Merkmals stammen werden im Folgenden monovariablen Verteilungen beschrieben. Mithilfe des Programms STATGRAPHICS Plus 5.1 erfolgten die Berechnungen.

Bei der Auswahl der geeigneten Auswertungsmethode mussten mögliche Ausreißer und Extremwerte ausreichend berücksichtigt werden. Die Wahl der graphischen Darstellung in Form von Box-and-Whiskers-Plots erlaubt sowohl eine komprimierte Darstellung der Ergebnisse in ihrer Lage und Streuung als auch deren besseren Vergleich untereinander (bei mehreren Verteilungen), da Parameter wie Median, Spannweite, Häuftespielraum (Quartile Q_{1-3}) sowie Minimum und Maximum in einer Graphik erscheinen (vgl. Abb. 12). 50 % der beobachteten Merkmalswerte finden sich in der Box wieder. Die an das Ende der Box angehängten Whiskers erstrecken

sich von x_{\min} bis Q_1 und von Q_3 bis x_{\max} . Die Variationsbreite ergibt sich aus der Gesamtlänge der Box plus den beiden Whisker. Boxplots eignen sich besonders zur Identifikation von Ausreißern und Extremwerten, wobei JANSSEN und LAATZ (1994) Ausreißer und Extremwerte folgendermaßen definieren:

- Ausreißer sind Werte, die mehr als 1,5 Boxenlängen vom oberen Quartilswert nach oben bzw. vom unteren Quartilswert nach unten abweichen.
- Extremwerte sind Werte, die mehr als drei Boxenlängen vom oberen Quartilswert nach oben bzw. vom unteren Quartilswert nach unten abweichen.

Zur Aufbereitung und Auswertung der Datenmengen aller Versuche kamen die Programme Microsoft Excel 97 (Stallluftanalyse), Nor-Profile (Schallanalyse) und Paint-Shop Pro 7,0 (Analyse des Verschmutzungsgrades des Systems) zur Anwendung.



- 1 Box (mittlere 50 % der Verteilung der Merkmalswerte)
- 2 Whisker (erstrecken sich von X_{\min} bis Q_1 bzw. von Q_3 bis X_{\max})
- 3 25 % Quartil (Q_1)
- 4 50 % Quartil (Q_2) = Median
- 5 Modalwert (Merkmalsausprägung mit der größten Häufigkeit)
- 6 Extremwert
- 7 75 % Quartil (Q_3)

Abbildung 12: Schematische Darstellung und Erläuterung des Aufbaus eines Box-and-Whisker-Plots, Quelle: eigene Zusammenstellung

4 Ergebnisse der Untersuchungen

4.1 Temperatur

In den Abbildungen 13 und 14 sind die wichtigsten Verteilungsmerkmale der Wertausprägungen für den Parameter Temperatur im AMS und Stall des Sommersversuchs 2002 dargestellt.

Das Minimum der Temperatur im AMS liegt bei 16,5°C, das Maximum bei 35,1°C. Das Zentrum der Verteilung in Abbildung 13 ist bei 21,1°C angesiedelt.

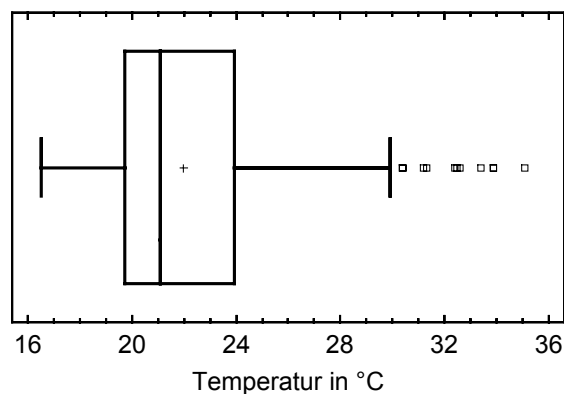


Abbildung 13: Temperaturverhältnisse im AMS, Juni 2002,
Quelle: eigener Versuch

Die unteren 25 Prozent der Messwerte bewegen sich in einem Bereich von 16,5 bis 19,7°C. Der durch den Kasten dargestellte Bereich der mittleren 50 Prozent erstreckt sich von 19,7 bis 23,9°C. Das obere Quartil liegt zwischen 23,9 und 29,0°C. Diese Rechtsschiefe wird durch die eingezeichneten Ausreißer veranschaulicht.

Das Minimum der Temperatur im Stall liegt im Sommersversuch 2002 bei 16,4°C und ist somit nahezu identisch mit dem Minimalwert im AMS (vgl. Abb. 14). Unterschiede zwischen AMS und Stall sind in den Maximalwerten festzustellen. Die im Stall gemessene Maximaltemperatur beträgt 28°C und liegt damit 8°C unter der im AMS.

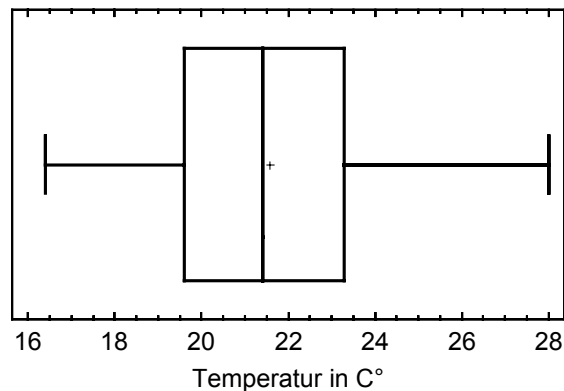


Abbildung 14: Temperaturverhältnisse im Stall, Juni 2002
Quelle: eigener Versuch

Der Interquartilbereich hingegen zeigt für das AMS sowie den Stall große Übereinstimmungen. 50 % der gemessenen Werte bewegen sich zwischen 19,6°C und 23,3°C, im Stall und zwischen 19,7°C und 23,9°C im AMS.

In den folgenden Abbildungen werden die Temperaturverhältnisse für das AMS und den Stall im Winterversuch 2003 dargestellt. Wie aus Abbildung 15 hervorgeht reicht die Spanne der gemessenen Werte von im Minimum 3,4 bis 11,4°C im Maximum. Die mittleren 50% der Werte befinden sich hier zwischen 5,7 bis 10,5°C. Der Median der Wertemenge im Winterversuch liegt bei 7,3°C.

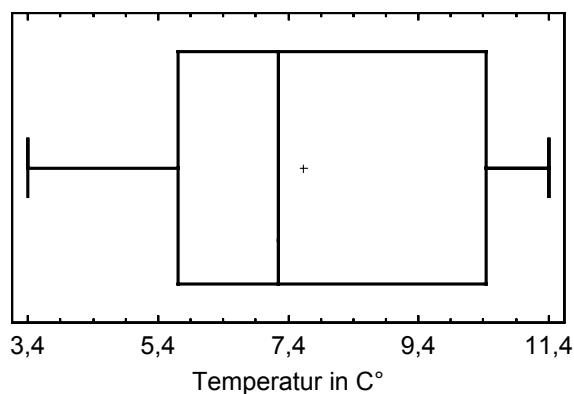


Abbildung 15: Temperaturverhältnisse im AMS, Januar 2003
Quelle: eigene Berechnung

Die Werte für die Temperatur im Stall zeigen in ihrer Verteilung eine Reihe von Unterschieden im Vergleich zum AMS (vgl. Abb. 15 und 16). So ist wie Abbildung 16 zeigt im Stall eine Spannweite von 17°C zu erkennen. Das Minimum der Werte liegt bei -7,0 und das Maximum bei 10,2°C. Der Median der Wertemenge befindet sich im Stall bei 3,8°C.

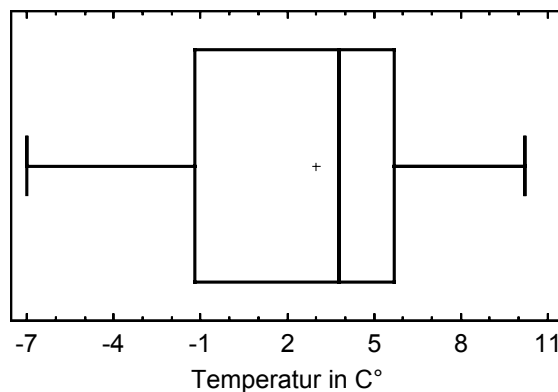


Abbildung 16: Temperaturverhältnisse im Stall, Januar 2003
Quelle: eigene Berechnung

Eine Zusammenfassung der Wertemengen und deren Verteilung werden in Tabelle 15 gegeben, in welcher neben den Minimal- und Maximalwerten zusätzlich ausgewählte Percentile der Temperaturmessungen ausgewiesen werden. Aus den einzelnen Percentilen der Temperaturverteilung im Sommersversuch 2002 lassen sich die Übereinstimmungen zwischen AMS und Stall gut darstellen. Die größte Differenz zwischen den beiden Messpunkten AMS und Stall ist mit 6,5°C in den Maximalwerten erkennbar.

Im Winterversuch 2003 ist für die drei Messpunkte AMS, Stall und Außenbereich eine klare Abstufung der Spannweiten für die Temperatur zu verzeichnen, welche für den Außenbereich bei 22,6°C, den Stall bei 17,2°C und das AMS bei 8°C liegt. Dabei ist festzuhalten, dass innerhalb des AMS nur positive Temperaturwerte gemessen wurden (vgl. Tab. 15).

Tabelle 15: Temperaturen im AMS, Stall und Außenbereich unter Sommer- und Winterbedingungen (in °C)

	<i>Sommer 2002</i>			<i>Winter 2003</i>		
Messpunkt	AMS	Stall	Außen	AMS	Stall	Außen
Minimum	16,5	16,4	-	3,4	-7,0	-13,2
Maximum	35,1	28,6	-	11,4	10,2	9,4
Percentile						
1	17,3	17,1	-	3,6	-6,3	-12,9
5	18,2	17,7	-	3,9	-5,2	-11,5
10	18,9	18,2	-	4,4	-2,7	-5,8
Q1 25	19,7	19,6	-	5,7	-1,2	-3,5
Q2 50	21,1	21,4	-	7,3	3,8	0,1
Q3 75	23,9	23,3	-	10,5	5,7	2,7
90	26,5	25,1	-	10,8	9,4	8,3
95	27,3	26,3	-	11,0	9,7	8,5
99	29,0	27,2	-	11,2	10,0	8,8

Quelle: eigene Berechnung

4.2 Relative Luftfeuchte

Die Ergebnisse zum Stallklimaparameter rel. Luftfeuchte sehen wie folgt aus. Aus Abbildung 17 geht hervor, dass während des Sommersversuchs 2002 im AMS ein Minimalwert von 34 und ein Maximalwert von 86 % gemessen wurden.

Der Median der Wertemenge liegt bei 70 %. Im AMS befindet sich der Interquartilbereich zwischen 57 und 75 %. 25 % der Werte im AMS liegen oberhalb der Grenze von 75 % rel. Luftfeuchte. Abbildung 17 verdeutlicht, dass die Spannweite der Werte zwischen dem Minimum und dem Median größer ist als zwischen dem Median und dem Maximum.

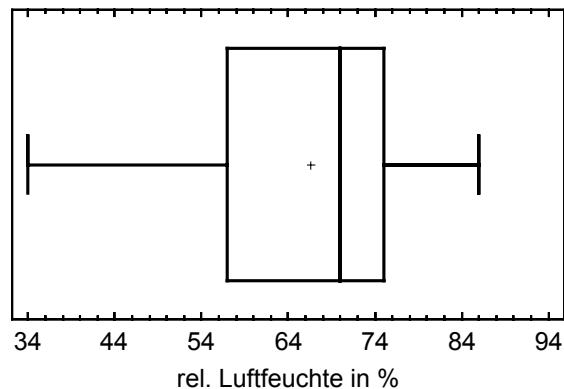


Abbildung 17: Rel. Luftfeuchte im AMS, Juni 2002
Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 18 veranschaulicht die wichtigsten Eigenschaften der Verteilung der rel. Luftfeuchte des Sommersversuchs 2002 im Stall. Bei einer Spannweite der Werte von 50 % liegt das Minimum der Daten bei 32, das Maximum bei 82 %. Der Median der rel. Luftfeuchte im Stall liegt bei 58 % und damit um 12 % unter dem des AMS. Die mittleren 50 % der Wertemenge erstrecken sich von 45 bis 69 %. Damit ist der Interquartilbereich im Stall um 6 % größer als der des AMS (vgl. Tab. 16).

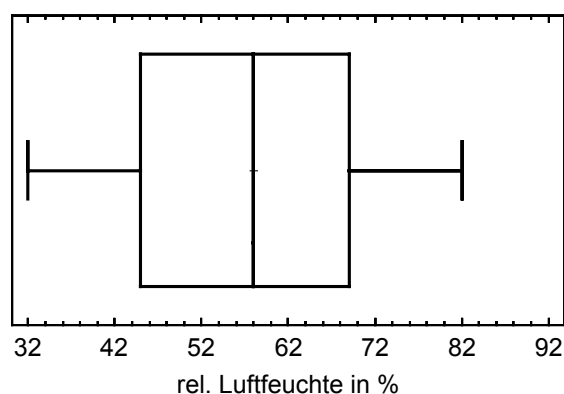


Abbildung 18: Rel. Luftfeuchte im Stall, Juni 2002
Quelle: eigene Berechnung

Die Analyse des Winterversuchs 2003 zeigt nur geringe Unterschiede in den Spannweiten der Wertemengen für das AMS, den Stall sowie den Außenbereich. Der witterungsbedingte Anstieg der rel. Luftfeuchte spiegelt sich in allen Daten wieder (vgl. Tab. 16).

Für das AMS ergeben sich für den Winterversuch 2003 folgende Ergebnisse. Wie aus Abbildung 19 hervorgeht bewegen sich 25 % der Werte in einem Bereich zwischen dem Minimum von 72 % und Q_1 mit 87 %. 75 % der gemessenen Werte für die rel. Luftfeuchte liegen über dem Wert von 87 %. Der Interquartilbereich der Werte im AMS liegt zwischen 87 und 93 %.

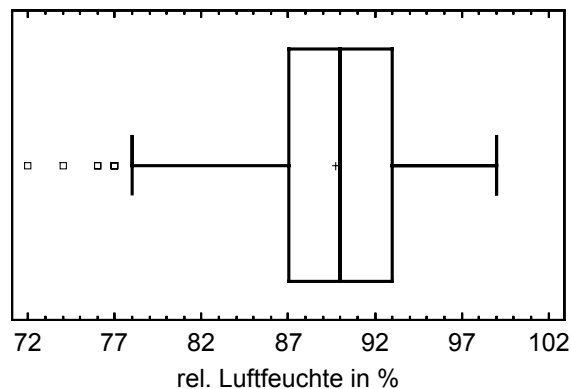


Abbildung 19: Rel. Luftfeuchte im AMS, Januar 2003
Quelle: eigene Berechnung

Bei den Ergebnissen desselben Untersuchungszeitraumes im Stall verglichen mit den Ergebnissen im AMS ist eine nahezu identische Spannweite der Werte festzustellen. Sie reicht von 69 % im Minimum bis zu 96 % im Maximum (vgl. Abb. 20). Der Median der Wertemenge liegt im Stall bei 83 % und damit um 7 % unterhalb des Median im AMS (vgl. Tab. 16). Der Interquartilbereich befindet sich im Stall zwischen 78 und 87 % und ist damit um 3 % größer als der Bereich im AMS.

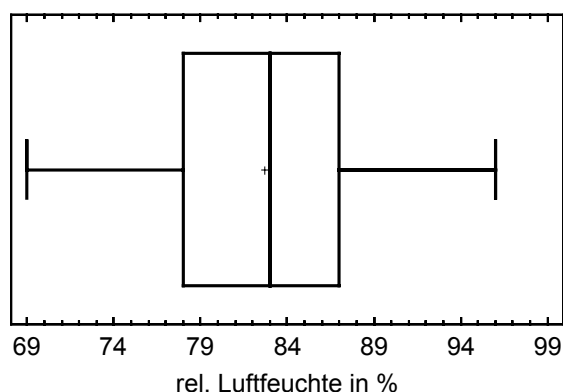


Abbildung 20: Rel. Luftfeuchte im Stall, Januar 2003
Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 16 fasst die Ergebnisse der Untersuchungen für den Sommersversuch 2002 und den Winterversuch 2003 zusammen. Für den Winterversuch 2003 konnten an allen drei Messorten annähernd die gleichen Spannweiten für den Parameter rel. Luftfeuchte gemessen werden.

Tabelle 16: Spannweiten sowie Quartil- und ausgewählte Percentilwerte rel. Luftfeuchte unter Sommer- und Winterbedingungen, (in %)

	<i>Sommer 2002</i>			<i>Winter 2003</i>		
Messpunkt	AMS	Stall	Außen	AMS	Stall	Außen
Minimum	34	32	-	72	69	71
Maximum	86	82	-	99	96	99
Percentile						
1	40	35	-	77	70	72
5	46	37	-	80	73	76
10	50	40	-	82	75	79
Q1 25	57	45	-	87	78	86
Q2 50	70	58	-	90	83	93
Q3 75	75	69	-	93	87	96
90	80	76	-	95	91	98
95	81	78	-	96	93	99
99	84	80	-	99	95	99

Quelle: eigene Berechnung

4.3 Luftzusammensetzung

Die Analyse der Gaskonzentrationen erfolgte an drei Messpunkten innerhalb der Melkbox. Diese Verteilung sollte genaue Aussagen über die Luftqualität innerhalb des Systems ermöglichen. Eine zusätzliche Messstelle wurde innerhalb des Stalles am Übergangsbereich zwischen Liegebereich und Laufgang angebracht, um die Luftverhältnisse im Stall zu dokumentieren. Im Folgenden wird auf die Messergebnisse bezüglich der Stallluftparameter Ammoniak, Kohlendioxid und Methan näher eingegangen.

4.3.1 Ammoniak

Die für den Parameter Ammoniak dargestellten Ergebnisse beziehen sich beispielhaft auf die Übergangszeit zwischen Winter und Frühling bzw. auf Sommerbedingungen.

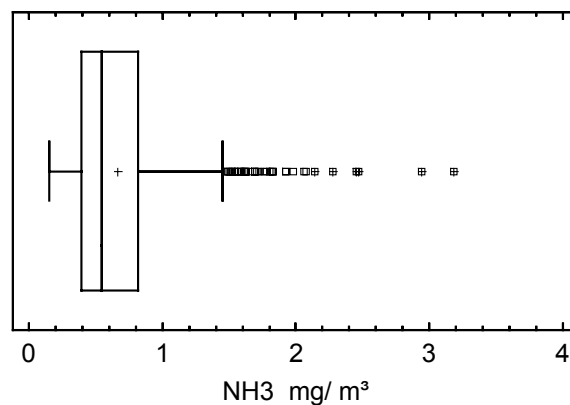


Abbildung 21: Ammoniakkonzentration im AMS, März 2002
Quelle: eigene Berechnung

Wie aus Abbildung 21 hervorgeht lag im Übergangsversuch 2002 der Minimalwert für den Parameter Ammoniak im AMS bei 0,15 mg/m³ Luft. Der Maximalwert im AMS wurde mit einer Konzentration von 3,18 mg/m³ gemessen. Die Hälfte der gemessenen Werte für die Ammoniakkonzentration lag im AMS über 0,54 mg/m³. Der Inter-

quartilbereich im AMS bewegt sich zwischen 0,39 und 0,82 mg/m³. Nur ein Viertel der Werte überstieg im Übergangsversuch 2002 den Wert von 0,82 mg/m³ und nur 1% ging über den Wert von 2,06 mg/m³ hinaus.

Die Ergebnisse des Übergangsversuchs 2002 für den Messort Stall sind in Abbildung 22 dargestellt. Als Minimalwert konnte hier analog zum AMS ein Wert von 0,15mg/m³ gemessen werden. Der Maximalwert wurde mit 1,64 mg/m³ ermittelt und erreicht damit nur etwa die Hälfte der Höhe des im AMS gemessenen Wertes. Ein Viertel der Daten überstieg im Stall einen Wert von 0,55 mg/m³ und 10 % der Daten im Stall gingen über 0,74 mg/m³ hinaus. Die mittleren 50 % der Wertemengen für den Stall liegen im Bereich zwischen 0,35 und 0,55 mg/m³. Sowohl Abbildung 21 als auch Abbildung 22 weisen eine Reihe von Ausreißern und Extremwerten auf.

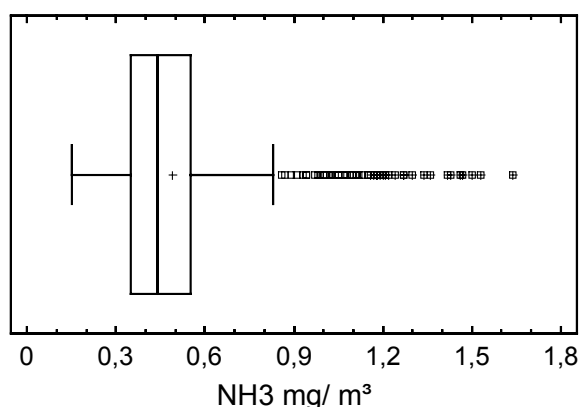


Abbildung 22: Ammoniakkonzentration im Stall, März 2002
Quelle: eigene Berechnung

Die folgenden beiden Abbildungen enthalten die Lage und Streuung der Werte aus dem Sommersversuch 2002 für den Parameter Ammoniak. Die für die Ammoniakkonzentration im Sommersversuch 2002 gewonnenen Werte liegen oberhalb derer aus der Übergangszeit. Die Variationsbreite der Ammoniakkonzentration im AMS beträgt 3,68 mg/m³ und ergibt sich aus dem Minimalwert von 0,37 und dem Maximalwert von 4,05 mg/m³ (vgl. Abb. 23).

Aus dem Sommersversuch 2002 gehen für die Ammoniakkonzentrationen im AMS und Stall bezüglich der Minimal- und Maximalwerte fast identische Ergebnisse her-

vor, welche im AMS bei minimal $0,37 \text{ mg/m}^3$ und maximal $4,05 \text{ mg/m}^3$ liegen (vgl. Abb. 23). Der Interquartilbereich der Werte im AMS bewegt sich zwischen $0,76$ und $1,72 \text{ mg/m}^3$. Ein Viertel der Werte der Ammoniakkonzentration ist über dem Wert von $1,72 \text{ mg/m}^3$ angesiedelt. 1 % der Ergebnisse liegt über $3,63 \text{ mg/m}^3$ (vgl. auch Tab. 17).

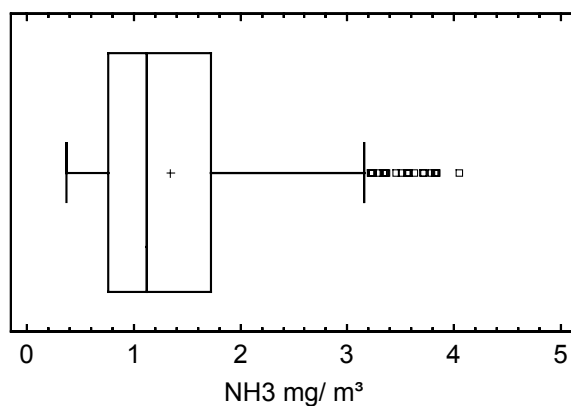


Abbildung 23: Ammoniakkonzentration im AMS, Juni 2002
Quelle: eigene Berechnung

Die Werteverteilungen der Ammoniakkonzentration des Sommersversuchs 2002 für den Stall sind in Abbildung 24 dargestellt.

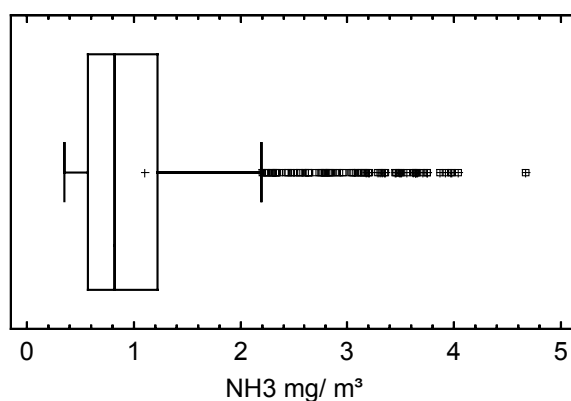


Abbildung 24: Ammoniakkonzentration im Stall, Juni 2002
Quelle: eigene Berechnung

Die mittleren 50 % der Werte decken einen Bereich zwischen 0,57 und 1,22 mg/m³ ab. Damit liegen die Ammoniakkonzentrationen bezogen auf den Interquartilbereich um 0,31 mg/m³ unterhalb desselben Bereiches im AMS.

Tabelle 17 fasst alle wichtigen Werteverteilungen noch einmal zusammen. Dabei sind die über alle Messorte und Versuchszeiträume sehr geringen Konzentrationen von Ammoniak in der Stallluft auffällig.

Tabelle 17: Spannweiten sowie Quartil- und ausgewählte Percentilwerte der Ammoniakkonzentration unter Übergangs- und Sommerbedingungen, (in mg/m³)

	Übergang 2002		Sommer 2002	
Messpunkt	AMS	Stall	AMS	Stall
Minimum	0,15	0,15	0,37	0,35
Maximum	3,18	1,64	4,05	4,64
Percentile				
1	0,21	0,21	0,45	0,38
5	0,25	0,25	0,55	0,43
10	0,29	0,28	0,62	0,47
Q1 25	0,39	0,35	0,76	0,57
Q2 50	0,54	0,44	1,12	0,82
Q3 75	0,82	0,55	1,72	1,22
90	1,23	0,74	2,42	2,32
95	1,49	1,05	2,85	3,04
99	2,06	1,36	3,63	3,75

Quelle: eigene Berechnung

4.3.2 Kohlendioxid

Die folgenden Ergebnisse zeigen, dass ein deutlicher Unterschied zwischen Stallraum und Melkbox hinsichtlich der Kohlendioxidkonzentration existiert und somit von der Herausbildung eines eigenen Mikroklimas im AMS gesprochen werden kann.

Die Ergebnisse des Übergangsversuchs 2002 zur Kohlendioxidkonzentration im AMS sind in Abbildung 25 zusammengestellt. Bei der Betrachtung der Abbildung ist die große Skalierung der Abszisse auffällig. Die Spannweite der gemessenen Kohlendi-

oxidwerte im AMS umfasst einen Bereich von 825 mg/m³ bis zu 22382 mg/m³. Der Median der Wertemenge liegt bei 1231mg/m³ und der Interquartilbereich bewegt sich innerhalb der Grenzen von 1057 bis 1498 mg/m³. 10 % der Werte für die Kohlendioxidkonzentration im AMS sind über 2427 mg/m³ angesiedelt. Zwar liegt nur 1 % der Werte über der Grenze von 9026 mg/m³; diese Werte bewegen sich jedoch auf hohem Niveau (vgl. Abb. 25).

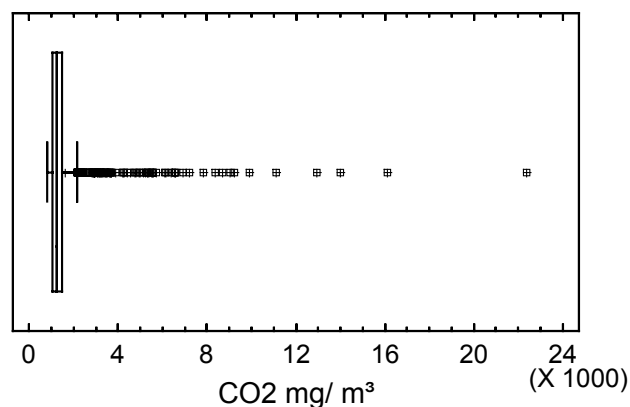


Abbildung 25: Kohlendioxidkonzentration im AMS, März 2002
Quelle: eigene Berechnung

Die in Abbildung 26 ersichtlichen Werteverteilungen für Kohlendioxid im Stall unterscheiden sich von denen des AMS durch eine weitaus geringere Spannweite.

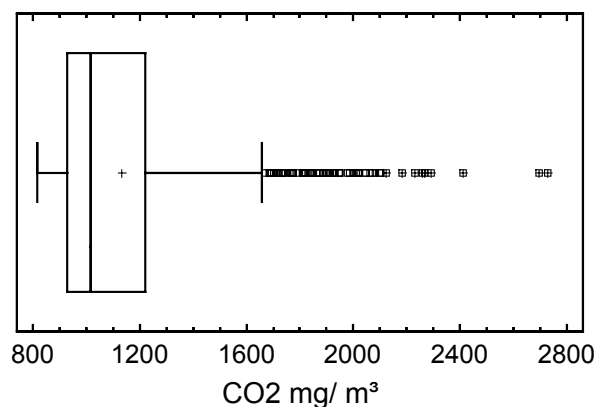


Abbildung 26: Kohlendioxidkonzentration im Stall, März 2002
Quelle: eigene Berechnung

Diese reicht von 813 mg/m³ im Minimum bis 2729 mg/m³ im Maximum. Der Bereich der mittleren 50% der Werteverteilungen liegt mit Werten von 926 mg/m³ bis 1222 mg/m³ niedriger als der Interquartilbereich im AMS (vgl. Abb. 26 u. Tab. 18). Der Median befindet sich bei 1016 mg/m³. Eine im Vergleich zum Übergangsversuch 2002 noch größere Spannweite der Werte ist im Sommersversuch 2002 für das AMS festzustellen. Diese Spannweite beträgt 24854 mg/m³ und reicht von 839 im Minimum bis 25693 mg/m³ im Maximum (vgl. Abb. 27 u. Tab.18).

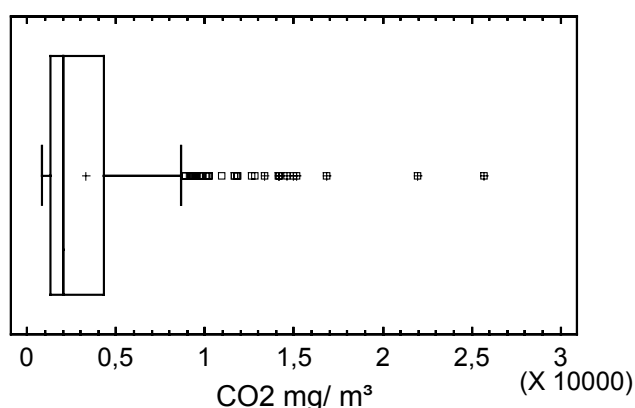


Abbildung 27: Kohlendioxidkonzentration im AMS, Juni 2002
Quelle: eigene Berechnung

Hier liegt der Interquartilbereich im AMS zwischen 1329 und 4289 mg/m³. Der Median der Werte beträgt 2051 mg/m³. 25 % der Daten bewegen sich über 4289 mg/m³. Nur 1 % der Werte ist über einer Grenze von 14128 mg/m³ angesiedelt.

Der Sommersversuch 2002 für den Parameter Kohlendioxid im Stall zeigt vergleichbare Ergebnisse wie der Übergangsversuch 2002 (vgl. Abb. 28). Die Spannweite der Daten liegt bei 2271 mg/m³ in den Grenzen von 756 mg/m³ im Minimum und 3027 mg/m³ im Maximum. Die mittleren 50 % der Werte sind zwischen 989 und 1444 mg/m³ angesiedelt bei einem Median von 1159 mg/m³. 25 % der Werte liegen über 1444 mg/m³.

Eine Zusammenfassung der Werteverteilungen für den Übergangsversuch 2002 und den Sommersversuch 2002 wird in Tabelle 18 gegeben, aus der noch einmal die hohen Spannweiten der Kohlendioxidkonzentrationen im Melkroboter hervorgehen.

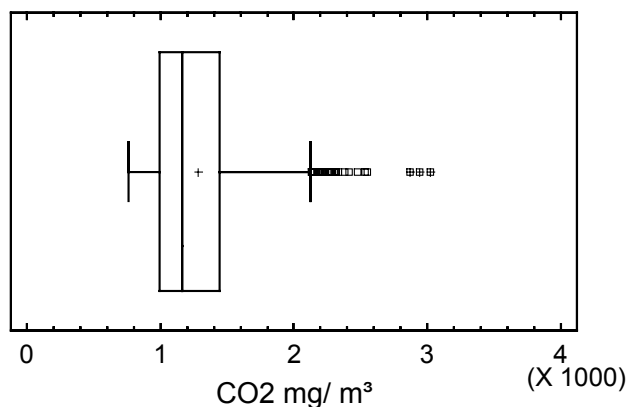


Abbildung 28: Kohlendioxidkonzentration im Stall, Juni 2002
Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 18: Spannweiten sowie Quartil- und ausgewählte Percentilwerte der Kohlendioxidkonzentration unter Übergangs- und Sommerbedingungen (in mg/m³)

	<i>Übergang 2002</i>		<i>Sommer 2002</i>	
Messpunkt	AMS	Stall	AMS	Stall
Minimum	825	813	839	756
Maximum	22382	2729	25693	3027
Percentile				
1	857	829	912	810
5	926	852	1024	853
10	971	873	1100	897
Q1 25	1057	926	1329	989
Q2 50	1231	1016	2051	1159
Q3 75	1498	1222	4289	1444
90	2427	1638	7219	1887
95	3676	1875	8629	2126
99	9026	2185	14128	2382

Quelle: eigene Berechnung

Der Tagesverlauf des Parameters Kohlendioxid sowie die hohen punktuell auftretenden Kohlendioxidkonzentrationen im AMS werden in Abbildung 29 für den

08.06.2002 exemplarisch dargestellt. Während der Tagesgang für den Stall nahezu parallel zur Abszisse verläuft, sind in der Melkbox eine Reihe von Peaks zu erkennen, deren Auftreten mit dem Besuch des AMS durch die Kühe verbunden war. Diese Peaks sind in den Abbildungen 25 bis 28 als Ausreißer oder Extremwerte ausgewiesen.

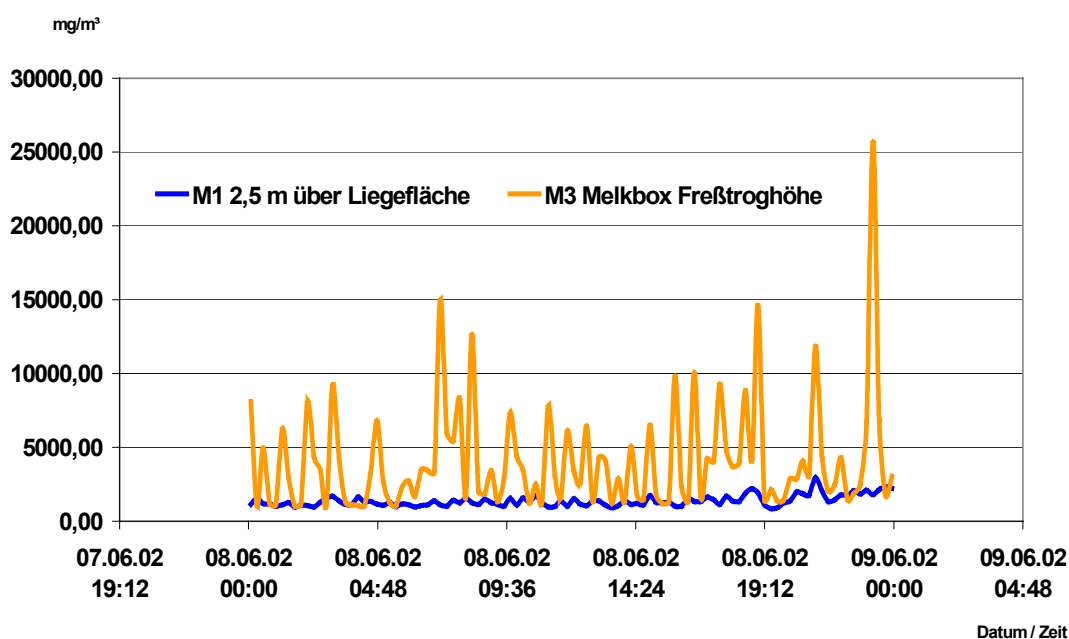


Abbildung 29: Tagesgang des Parameters Kohlendioxid an zwei Messpunkten, Juni 2002
Quelle: eigene Berechnung

4.3.3 Methan

Die Ergebnisse des Übergangsversuchs 2002 sowie Sommersversuchs 2002 für den Stallluftparameter Methan sehen wie folgt aus. In Abbildung 30 ist die Verteilung der Methankonzentration im AMS während des Übergangsversuchs 2002 dargestellt. Ähnlich der Werteverteilung für Kohlendioxid im AMS ist auch für Methan eine große Spannweite zu erkennen. Diese beträgt $1406,2 \text{ mg/m}^3$ und liegt in den Grenzen von $0,2 \text{ mg/m}^3$ im Minimum und $1406,4 \text{ mg/m}^3$ im Maximum. Der Median der Wertemenge ist bei einem Wert von $11,4 \text{ mg/m}^3$ angesiedelt. Der Interquartilbereich bewegt sich zwischen $7,0$ und $20,3 \text{ mg/m}^3$. 10 % der Werte umfassen einen Bereich von über $41,1 \text{ mg/m}^3$ (vgl. auch Tab. 19).

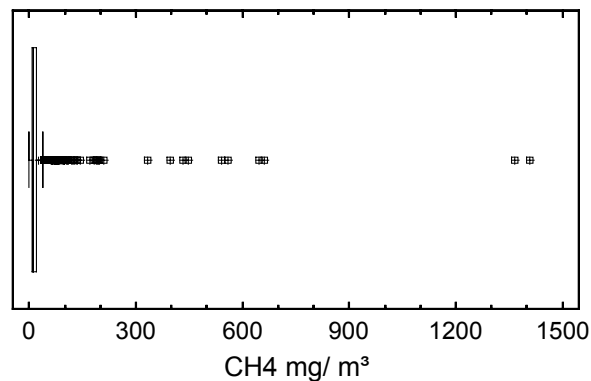


Abbildung 30: Methankonzentration der Stallluft im AMS, März 2002

Quelle: eigene Berechnung

Die Werteverteilung für die Methankonzentration im Stall während des Übergangsversuchs 2002 wird in Abbildung 31 dargestellt. Verglichen mit dem Messpunkt AMS ist hier eine weitaus kleinere Spannweite festzustellen. Diese beträgt $68,7 \text{ mg/m}^3$ und bewegt sich innerhalb der Grenzen von $0,9 \text{ mg/m}^3$ im Minimum und $69,6 \text{ mg/m}^3$ im Maximum. Das Quartil der mittleren 50 % der Werte im Stall ist ebenfalls kleiner als im AMS und erstreckt sich von $4,9$ bis $13,1 \text{ mg/m}^3$. Der Median ist bei $7,6 \text{ mg/m}^3$ angesiedelt (vgl. auch Tab. 19). 10 % der Daten liegen oberhalb eines Wertes von $24,8 \text{ mg/m}^3$.

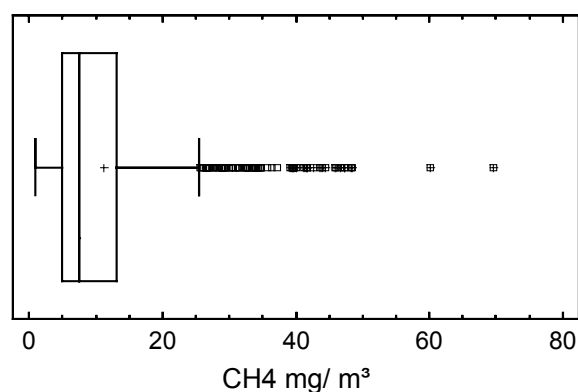


Abbildung 31: Methankonzentration im Stall, März 2002

Quelle: eigene Berechnung

Die Ergebnisse des Sommersversuchs 2002 für das AMS hinsichtlich der Methankonzentration zeigen, dass die Spannweite im Vergleich zum Übergangsversuch 2002 höher ist und sind in Abbildung 32 zusammengefasst. Die Spannweite liegt bei 1761,9 mg/m³ innerhalb der Grenzen von 1,4 mg/m³ im Minimum und 1763,3 mg/m³ im Maximum. Der Interquartilbereich reicht von 13,2 bis 80,9 mg/m³ bei einem Median von 28,6 mg/m³ und liegt damit um 54,4 mg/m³ höher als im Übergangsversuch 2002. 10 % der Werte bewegen sich über einem Niveau von 226,3 mg/m³ (vgl. auch Tab. 19).

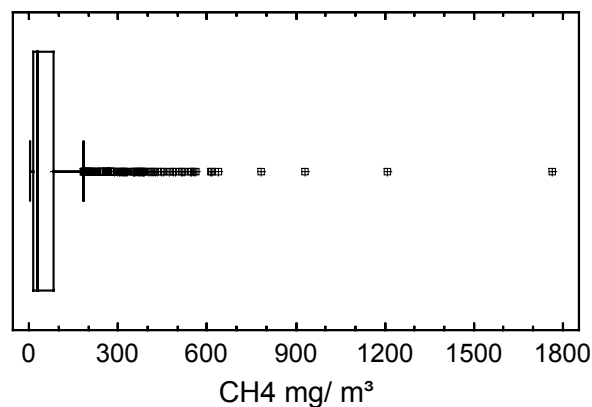


Abbildung 32: Methankonzentration im AMS, Juni 2002

Quelle: eigene Berechnung

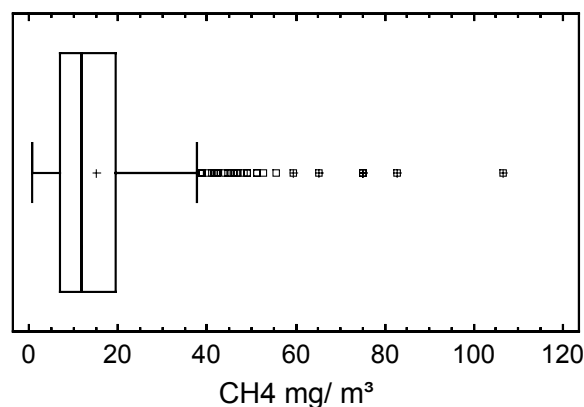


Abbildung 33: Methankonzentration im Stall, Juni 2002

Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 33 stellt die Werteverteilungen für die Methankonzentration während des Sommersversuchs 2002 im Stall dar. Die Werte bewegen sich innerhalb der Grenzen von 0,5 mg/m³ im Minimum und 106,7 mg/m³ im Maximum. Der Interquartilbereich der Wertemenge liegt dabei zwischen 7,0 und 19,4 mg/m³ bei einem Median von 11,7 mg/m³. 10 % der Daten sind oberhalb von 31,0 mg/m³ angesiedelt (vgl. Tab. 19).

Die Zusammenfassung aller Ergebnisse für den Parameter Methan wird in Tabelle 19 gegeben. Die Variationen zwischen den Spannweiten der Methankonzentration im Stall und AMS ist dabei besonders zu beachten.

Tabelle 19: Spannweiten sowie Quartil- und ausgewählte Percentilwerte der Methankonzentration unter Übergangs- und Sommerbedingungen (in mg/m³)

	<i>Übergang 2002</i>		<i>Sommer 2002</i>	
Messpunkt	AMS	Stall	AMS	Stall
Minimum	0,2	0,9	1,4	0,5
Maximum	1406,2	69,6	1763,3	106,7
Percentile				
1	1,9	1,8	4,0	1,9
5	3,9	2,6	6,1	3,4
10	5,0	3,2	8,2	4,5
Q1 25	7,0	4,9	13,2	7,0
Q2 50	11,4	7,6	28,6	11,7
Q3 75	20,3	13,1	80,9	19,4
90	41,1	24,8	226,3	31,0
95	76,8	33,1	329,0	35,7
99	433,9	46,0	563,3	52,6

Quelle: eigene Berechnung

Der Tagesverlauf der Methankonzentration vom 08.06.2002 im AMS und im Stall wird in Abbildung 34 noch einmal graphisch dargestellt und lässt Parallelen zum Verlauf der Kohlendioxidkonzentration erkennen (vgl. Abb. 29). Dem fast parallel zu Abszisse verlaufenden Tagesgang der Methankonzentration im Stall steht der mit zahlreichen Peaks versehene Verlauf für das AMS gegenüber (vgl. Abb. 34). Der charakteristische Verlauf der Methankonzentration innerhalb des AMS ist analog zum Parameter Kohlendioxid mit der Anwesenheit einer Kuh im System verbunden.

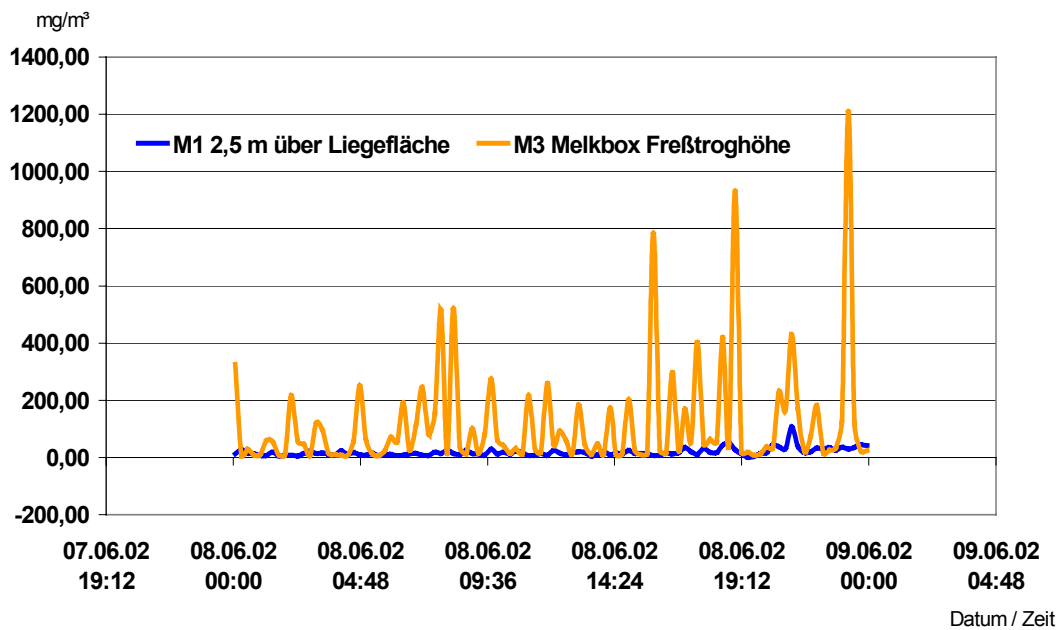


Abbildung 34: Tagesgang des Parameters Methan an zwei Messpunkten, Juni 2002
Quelle: eigene Berechnung

4.4 Schallsituation und topographische Schallverteilung

In Betrieben, die mit konventionellen Melksystemen arbeiten, ist eine klare räumliche Trennung des Melksystems vom Haltungsbereich gegeben. Das Melksystem ist entweder in einem separaten Gebäude außerhalb des Stalles installiert oder in einer eigenen Bauhülle im Stall untergebracht. Der durch das Melken verursachte Schall hat somit keinen oder nur indirekten Einfluss auf die Kühe im Haltungsbereich.

AMS (Einboxenanlagen) hingegen können an verschiedenen Stellen innerhalb des Stalles platziert werden. Der durch sie verursachte Schall ist somit ein direkter Bestandteil der Haltungsumwelt während des gesamten Tages. Im Kopfbereich der Kühe innerhalb der Melkbox zeigte sich in den Untersuchungen folgendes Bild bezüglich der Schallbelastung für die Kühe.

Die im Kopfbereich der Melkbox gemessenen Werte bezüglich der Schallbelastung sind in Tabelle 20 dargestellt. Sie weisen eine Spannbreite von 63,3 bis 98,8 dB (A) auf. Im Kopfbereich liegen die mittleren 50% der gemessenen Werte zwischen 72,2 und 74,5 dB (A). Der Median der Werteverteilung ist bei 73,0 dB (A) angesiedelt. 10 % der Werte liegen oberhalb von 77,7 dB (A).

Tabelle 20: Schallmessung im Kopfbereich einer Kuh während einer Melkung im AMS, Maximal- und Minimalwerte sowie die prozentuale Verteilung der Daten

	<i>Schallpegel in dB(A)</i>
Minimum	63,3
Maximum	98,8
Percentile	
1	69,7
5	71,3
10	71,6
25	72,2
50	73,0
75	74,5
90	77,7
95	80,5
99	85,6

Quelle: eigene Berechnung

1 % der gemessenen Schallpegel im Kopfbereich des Systems geht über eine Grenze von 85,6 dB (A) hinaus.

Abbildung 35 stellt den Pegelverlauf während einer Melkung im AMS dar und unterteilt die Messung in die Bereiche Eutervorbereitung, Melkung sowie Ende der Melkung.

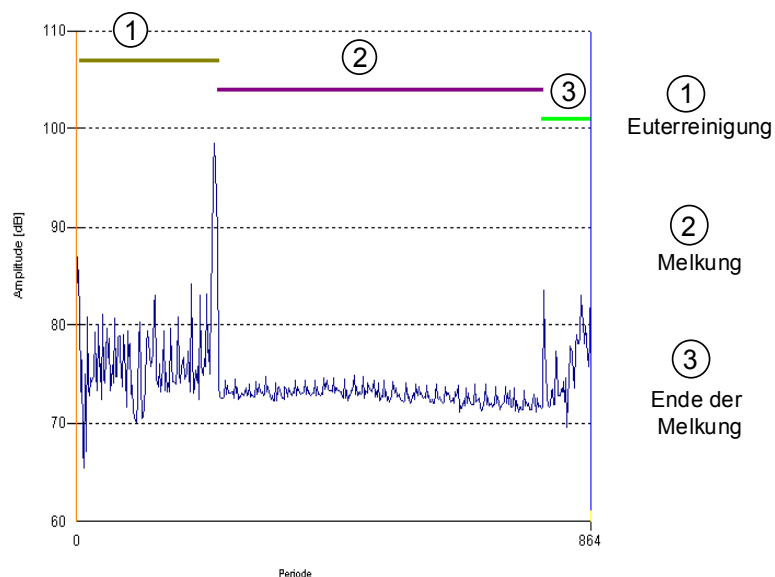


Abbildung 35: Schallpegel im zeitlichen Verlauf einer Melkung im AMS, in dB (A), 1 Periode = 0,5 Sekunden

Quelle: eigene Messung

Dabei wird deutlich, dass besonders die Eutervorbereitung mit einer erhöhten Schallbelastung für die Kühe verbunden ist. Das den Reinigungsprozess abschließende Säubern der Reinigungsbürsten mittels Druckluft und Wasser verursacht hierbei den höchsten Wert mit 98,8 dB (A). Dieser Vorgang dauert ca. 3,5 Sekunden. Während der Melkung bewegt sich der Lärmpegel auf einem relativ gleichmäßigen Niveau zwischen 71,1 und 74,8 dB (A). Der Abschluss der Melkung ist erneut mit einem Anstieg des Pegels verbunden. Dabei wurde ein Maximalwert von 84,9 dB (A) gemessen (vgl. Abb. 35).

Neben dem Schallpegel verändern sich ebenfalls die erfassten Frequenzen im zeitlichen Verlauf einer Melkung (vgl. Abb. 36). Der Schallpegel im Zusammenspiel mit der Frequenz sowie der Zeit seiner Einwirkung machen die Lärmbelastung für die Kuh aus. Die Zusammenführung der Schallpegel über alle Frequenzen während der Säuberung der Reinigungsbürsten lässt eine Schallbelastung von 94,2 dB (A) bei 2,5 kHz erkennen und ist in Abbildung 36 dargestellt.

Der auf der Abszisse zu findende Wert „A“ ist als das Produkt aller Einzelfrequenzen zu verstehen. Dabei kommt es zu einer teilweisen Überlagerung der Frequenzen.

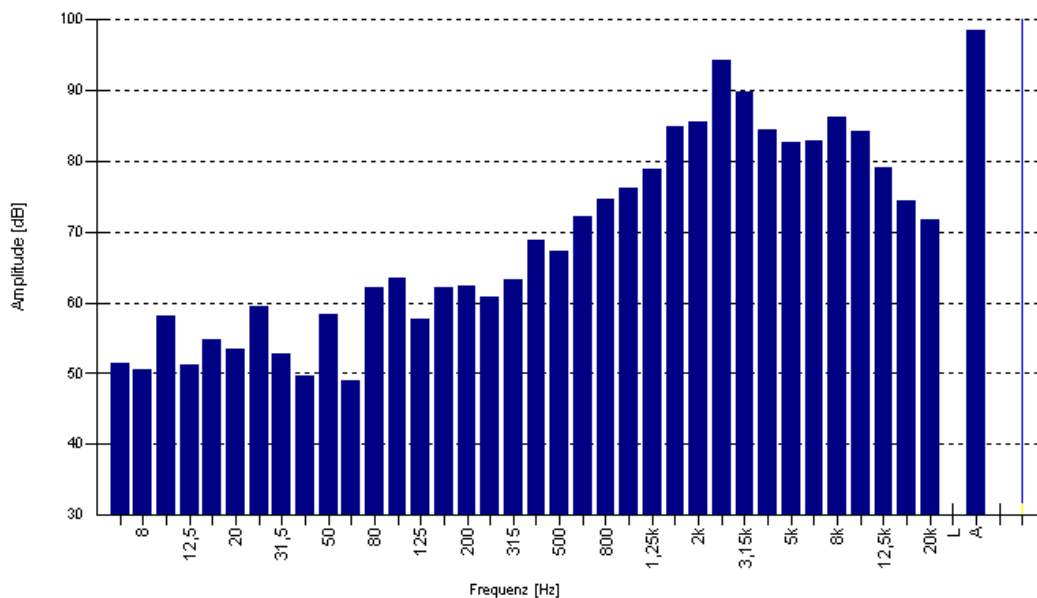


Abbildung 36: Frequenzanalyse am Ende der Euterreinigung, einzelne Melkung
Quelle: eigene Messung

Abbildung 36 zeigt weiterhin, dass das größte Belastungspotenzial in dem Bereich angesiedelt ist, in welchem erhöhte Schallpegel zusammen mit einem Anstieg der Frequenzen auf die Kuh wirken.

Die Zusammenführung der Parameter Schallpegelhöhe, Frequenz und Zeit über die gesamte Melkung wird in Abbildung 37 vorgenommen. Die x-Achse beschreibt die Zeit der Messung, die y-Achse stellt die Schallpegelhöhe dar und die z-Achse kennzeichnet die Frequenzen der Messung. Dabei ist der Anstieg der Schallpegel über alle Frequenzen hinweg während der Eutervorbereitung ersichtlich. Die an die Euterreinigung sich anschließende Melkphase ist abgesehen von einigen Schallpegelerhöhungen im unteren Frequenzbereich durch Schallpegelhöhen von 71,1 bis 74,8 dB (A) gekennzeichnet.

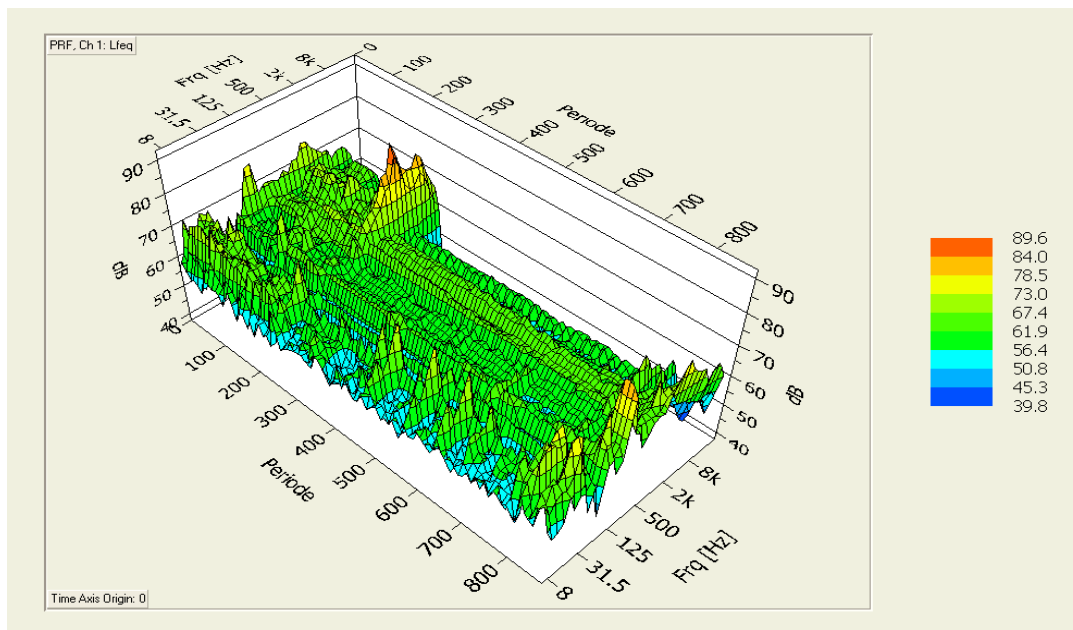


Abbildung 37: Dreidimensionale Darstellung (Pegel-Zeit- Frequenz) der Lärmsituation während einer Melkung im AMS
Quelle: eigene Messung

AMS (Einboxenanlagen) sind durch ihre Flexibilität bezüglich des Standortes im Stall gekennzeichnet. Der Einbau dieser Systeme erfolgt in zahlreichen Fällen in bereits vorhandene Ställe. Um die zum Besuch des AMS notwendigen Wege für die Kühe möglichst kurz zu halten, werden AMS in der Regel möglichst zentral im Stall bzw. an einer der Seiten des jeweiligen Gebäudes positioniert. Der Melkbetrieb beeinflusst somit den Schallpegel im Stall während des gesamten Tages, weshalb die topographische Verteilung des Schallpegels innerhalb des Stalles in die Versuche integriert

wurde. Insgesamt 17 über die gesamte Länge und Breite des Stalles verteilte Messpunkte wurden zu dieser Beschreibung ausgewählt und Schallpegelmessungen durchgeführt. Das Ziel dieser Untersuchung bestand in der Erfassung und Analyse der Schallpegel in allen Betriebszuständen des AMS.

Bei den in Abbildung 38 sowie Tabelle 21 dargestellten Pegeln handelt es sich um Mittelungspegel in Form des äquivalenten Dauerschalldruckpegels L_{eq} am jeweiligen Messort. Der äquivalente Dauerschalldruckpegel findet Anwendung bei der Messung von sich in der Zeiteinheit veränderbaren Schallpegeln.

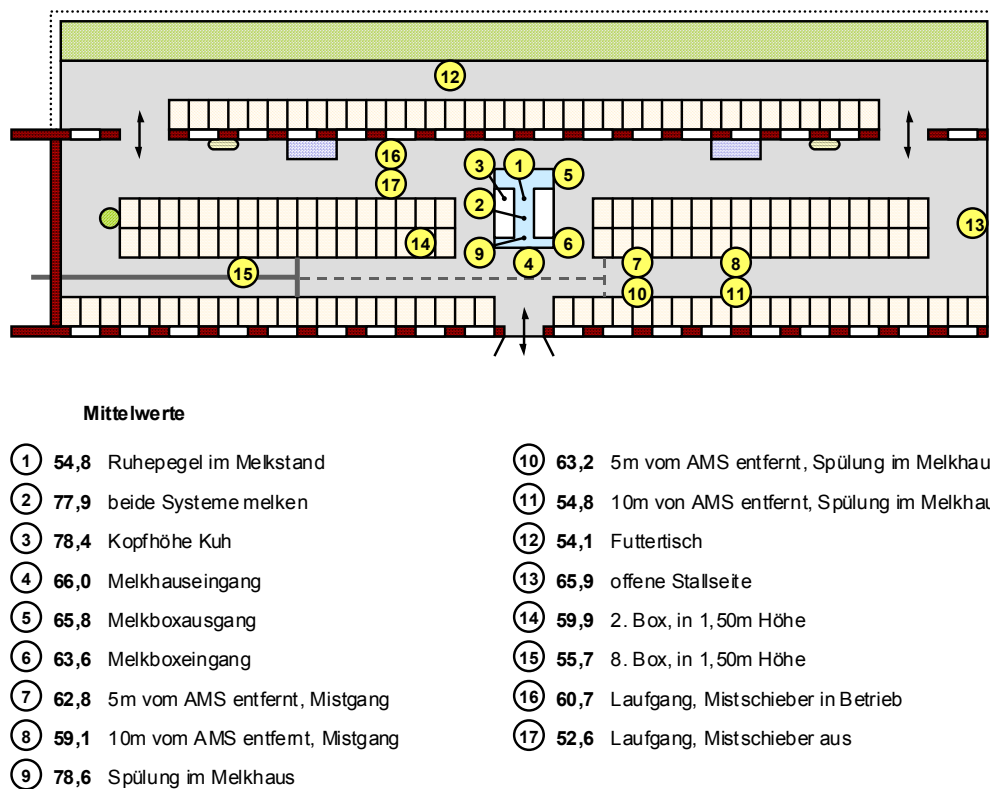


Abbildung 38: Topographische Lärmverteilung im gesamten Stallbereich während 17 Schallpegelmessungen
Quelle: eigene Untersuchung

Die in Tabelle 21 aufgeführten Bemerkungen charakterisieren die während der Schallpegelmessungen vorhandenen Betriebszustände des AMS bzw. seiner Umgebung. Die erfassten Pegel decken einen Bereich zwischen 52,6 dB (A) (Messung 1, M17) und 78,6 dB (A) (Messung 17, M9) ab. Im Ruhezustand des Melksystems waren die niedrigsten Pegel zu messen. Dies gilt sowohl für den Messpunkt im Melk-

haus (Messung 3, M1) als auch für die Messpunkte in entfernten Stallbereichen (Messung 1 und 2, M17 und M12). Dennoch führt der Betrieb des AMS zu einem Anstieg der Lärmpegel besonders in unmittelbarer Nähe des Systems (Messung 15-17, M2 und M9). Die Messungen 11, 12 und 14 (M6, M5 und M4), welche in unmittelbarer Umgebung des AMS durchgeführt wurden, weisen Schallpegelhöhen auf, die um mehr als 10 dB (A) unter den Werten direkt im AMS liegen. Die Schallpegelhöhen nehmen mit größer werdender Entfernung vom AMS ab. Die Abnahme wird von weiteren Faktoren mit bestimmt. So beeinflusst das im Stall installierte Entmistungssystem ebenfalls die Höhe des Lärmpegels (vgl. Tab. 21, Messung 8 und 13 sowie Abb. 38, M16 und M13).

Tabelle 21: Lärmverteilung um das AMS an zwölf Messpunkten mit insgesamt 17 Pegelmessungen sortiert nach Pegelhöhen.

Nr.	L_{eq} in dB(A)	Bemerkung	Nr.	L_{eq} in dB(A)	Bemerkung
1	52,6	Laufgang links des AMS, Stallruhe	10	63,2	Spülung, Laufgang 5 m vom AMS entfernt
2	54,1	Futtertisch, außerhalb des Stalles, 50 % der Tiere fressen, Melksystem in Betrieb	11	63,6	Melkboxeingang, rechtes AMS
3	54,8	Ruhepegel im Melkhaus	12	65,8	Melkboxausgang, rechtes AMS
4	55,7	Liegebox 8, links des AMS	13	65,9	Ende des Laufganges, rechts, Mistschieber arbeitet
5	59,1	Laufgang, 10 m vom AMS	14	66,0	Laufgang, vor dem Melkhaus
6	59,8	Spülung, Laufgang 10 m vom AMS entfernt	15	77,9	Pegel im Melkhaus, beide AMS melken
7	59,9	Liegebox 2, links des AMS	16	78,4	Kopfhöhe Kuh, linkes AMS
8	60,7	Laufgang links des AMS, Mistschieber arbeitet	17	78,6	Spülung des AMS, im Melkhaus
9	62,8	Laufgang, 5 m vom AMS entfernt			

Quelle: eigene Messungen

4.5 Verschmutzung und Keimsituation

Die Ergebnisse der Keimanalysen aus dem Übergangsversuch 2002 werden im Folgenden am Beispiel des Getriebelocks der Reinigungsbürsten dargestellt.

Sowohl das Keimspektrum als auch die Konzentration der Keime sind während der Ist-Zustandsbestimmung am höchsten (vgl. Abb. 39). Die in den Proben gefundenen Erreger gehören zum normalen Spektrum in Milchviehbetrieben. Bei den Streptokokken und coliformen Keimen (typischer Vertreter der Darmbakterien) handelt es sich um umweltassoziierte Erreger, mit dem Potenzial Eutererkrankungen hervorzurufen.

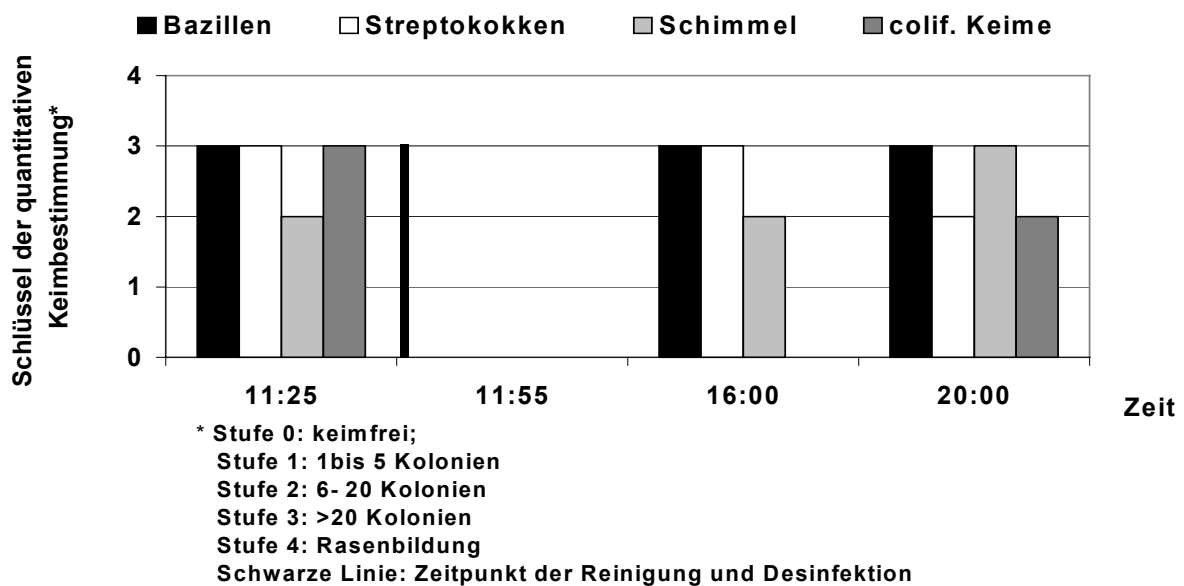


Abbildung 39: Entwicklung der Keimsituation am Getriebelock der Reinigungsbürsten im zeitlichen Verlauf nach einer Reinigung und Desinfektion, Versuch März 2002
 Quelle: eigene Berechnung

Nach der R+D sind auf den untersuchten Tupfern keine Keime nachweisbar. Vier Stunden nach der R+D erreichen die Bazillen, Streptokokken und Schimmelsporen die Ausgangswerte zu Beginn der Untersuchungen. Coliforme Keime, welche am Versuchsbeginn im Bereich über 20 Kolonien nachgewiesen wurden, erreichten 8 Stunden nach der Reinigung Werte zwischen 6 und 20 Kolonien⁵.

⁵ Die Einteilung der Ordinate in den Abbildungen 39 u. 41 erfolgte nach Maßgaben der wissenschaftlichen Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V. (MODEL 2002).

Der Anstieg der Verschmutzung lässt sich mittels Differenzbilder nachweisen, die hinsichtlich der Farbkanäle Rot, Grün oder Blau unterschieden werden können. Die Histogramme der Differenzbilder in den Farbkanälen unterschieden sich jedoch nur unwesentlich. Aus diesem Grund wurde zur Bildbearbeitung der Graukanal gewählt. Die Dimension der Abszisse in Abbildung 40 reicht von 0 (schwarz) bis 255 (weiß). Die Ordinate zeigt die Anzahl der Bildpunkte, welche einen entsprechenden Helligkeitswert auf der Abszisse haben. Die vertikal verlaufende Linie a stellt den Grauton 128 dar (Mitte der Abszisse).

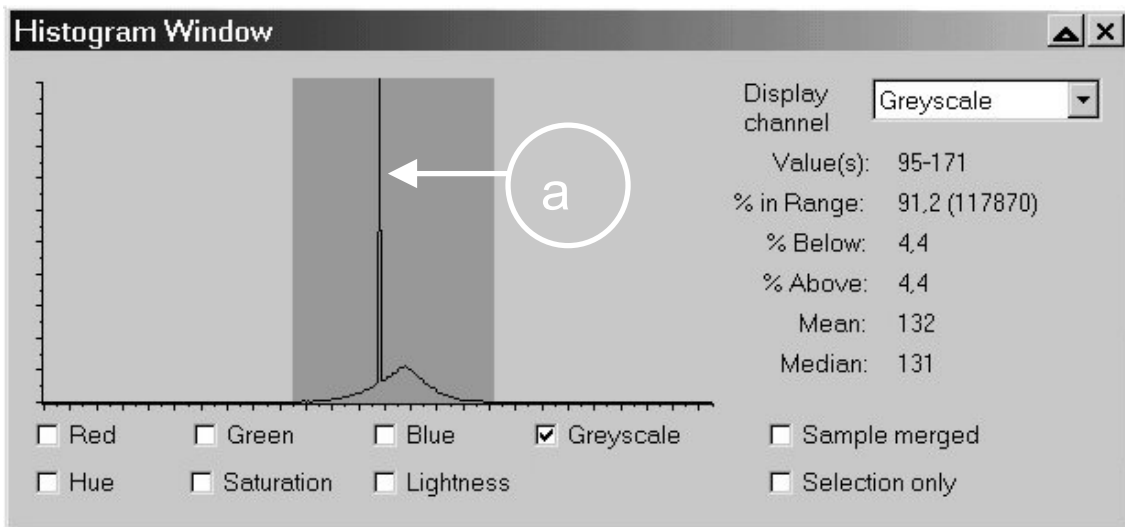


Abbildung 40: Histogramm eines Differenzbildes
Quelle eigene Berechnung

4 Stunden nach der R+D besaßen 91,2 % der Bildpunkte einen Grauton innerhalb des Rechteckes. Das heißt, 8,8 % der Bildpunkte unterscheiden sich zwischen den Bildern und haben einen Grauwert ober- bzw. unterhalb des Rechtecks. 8 Stunden nach R+D unterschieden sich 9,6 % der Bildpunkte zwischen den Bildern. Dieser Anstieg der Bildpunkte, welche keinem Grauwert innerhalb des Rechteckes zuzuordnen sind, kann als Maß für die Veränderung des Verschmutzungsgrades angesehen werden.

Eine ergänzende Untersuchung wurde im Sommer 2002 durchgeführt. Die Probenfrequenz wurde in diesem Versuch erhöht, bei Beibehaltung der restlichen Prozedere.

Die Ist-Zustandsanalyse (9:25 Uhr) zeigt Mengen von bis zu 20 Kolonien für Bazillen,

coliforme Keime und Streptokokken. Nach der R+D sind bis auf Staphylokokken (Staph. aureus) im Bereich zwischen 6 und 20 Kolonien keine Keime nachweisbar. Doch bereits eine Stunde nach der Reinigung haben die meisten Keime bezüglich ihrer Anzahl die Werte wie vor der Reinigung wieder erreicht, was als Beleg für die Notwendigkeit der Anpassung der Reinigungsintervalle an das aktuelle Verschmutzungsgeschehen verstanden werden muss (vgl. Abb. 41).

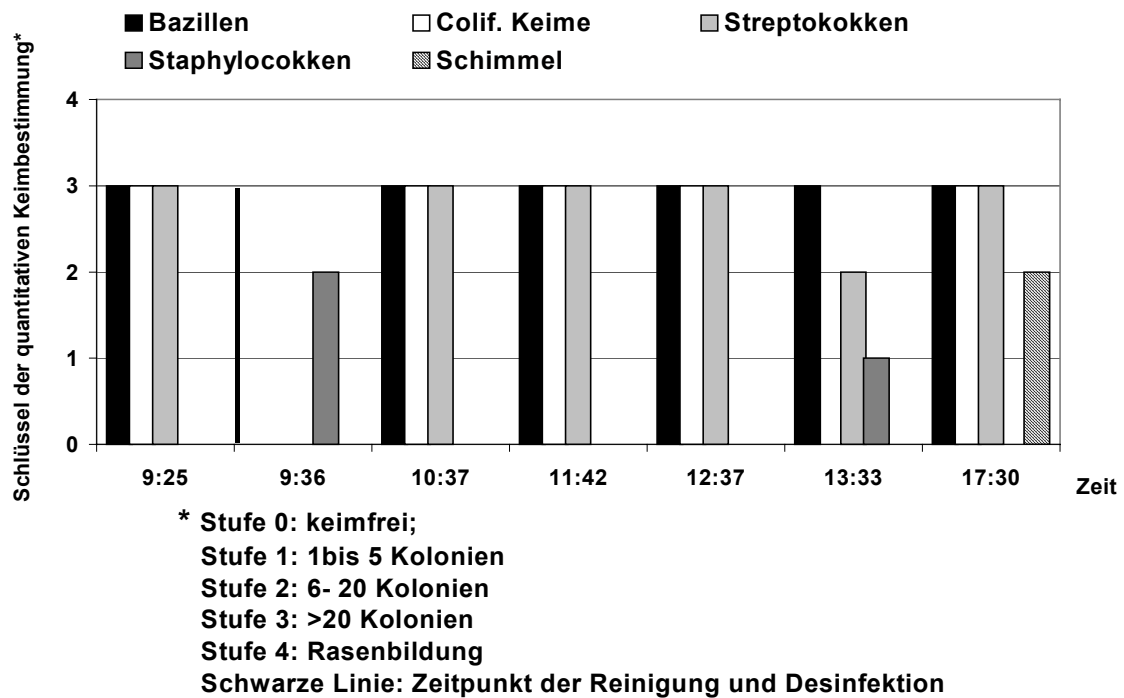


Abbildung 41: Entwicklung der Keimsituation am Getriebekblock der Reinigungsbürsten im zeitlichen Verlauf nach einer Reinigung und Desinfektion, Versuch Juni 2002
 Quelle: eigene Berechnung

4.6 Tierverhalten in der Melkbox

Ziel der Analyse des Tierverhaltens während des Milchentzuges im AMS war es, aus dem Verhalten der Kühe Schlüsse auf resultierende Verschmutzungen der Melkbox ziehen zu können. Verhaltensäußerungen wie das Absetzen von Kot bzw. Harn in der Melkbox führen zum Eintrag von Schmutz in das System. Das Schlagen nach dem Melkzeug bringt eine Verteilung des vorhandenen Schmutzes mit sich. An vier aufeinander folgenden Tagen wurde das Verhalten der Kühe in der Melkbox während des gesamten Melkvorganges beobachtet. Hierzu wurden bestimmte Verhaltensäußerungen im Vorfeld klar definiert und auch in ihrer Stärke unterschieden. Als fest-

gelegt unerwünschte Verhaltensäußerungen zählten:

- Unwilliges bzw. erzwungenes Betreten der Melkbox
- Koten in der Melkbox
- Urinieren in der Melkbox
- Vokalisation (Brüllen) in der Melkbox
- Schlagen nach dem Melkzeug
- Verweigerte Kraftfutteraufnahme

Von den 701 für die Auswertung zur Verfügung stehenden Melkungen von insgesamt 110 Kühen konnten 62 Melkungen mit unerwünschten Verhaltensäußerungen dokumentiert werden. Dies entspricht 8,8 % und kann als sehr niedrig beschrieben werden. Es traten die Verhaltensäußerungen Schlagen nach dem Melkzeug sowie Urinieren, Koten und Brüllen in der Melkbox auf. Eine Häufigkeitsverteilung der beobachteten Verhaltensäußerungen ist in Abbildung 42 dargestellt.

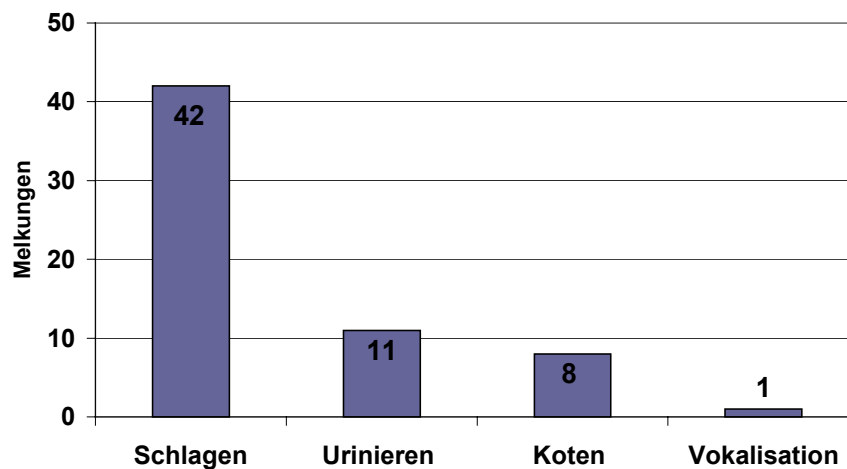


Abbildung 42: Ausgewählte Verhaltensäußerungen von Milchkühen beim Melken mit AMS und deren Häufigkeit bei insgesamt 701 Melkungen
Quelle: eigene Messung

Die beiden übrigen festgelegten unerwünschten Verhaltensäußerungen konnten nicht beobachtet werden.

Wie aus Abbildung 42 hervorgeht, nimmt das Schlagen nach dem Melkzeug mit 42 Beobachtungen (5,9 %) den höchsten Anteil unerwünschter Verhaltensäußerung ein.

Die Verhaltensäußerungen Urinieren bzw. Koten in der Melkbox wurden 11 bzw. 8 Mal beobachtet (1,5 bzw. 1,1 %). Lediglich ein Mal (0,1 %) wurde ein Brüllen in der Melkbox beobachtet.

Eine Zuordnung der beobachteten Verhaltensäußerungen zur Anzahl der dabei registrierten Kühe wird in Abbildung 43 vorgenommen. Es zeigt sich, dass die Verhaltensäußerungen Urinieren bzw. Koten in der Melkbox nur bei jeweils einer Kuh mehrmals auftraten. Der Verhaltensausdruck Schlagen nach dem Melkzeug konnte bei 26 Kühen beobachtet werden, wobei 10 Tiere dieses Verhalten mehr als einmal ausübten (vgl. Abb. 43).

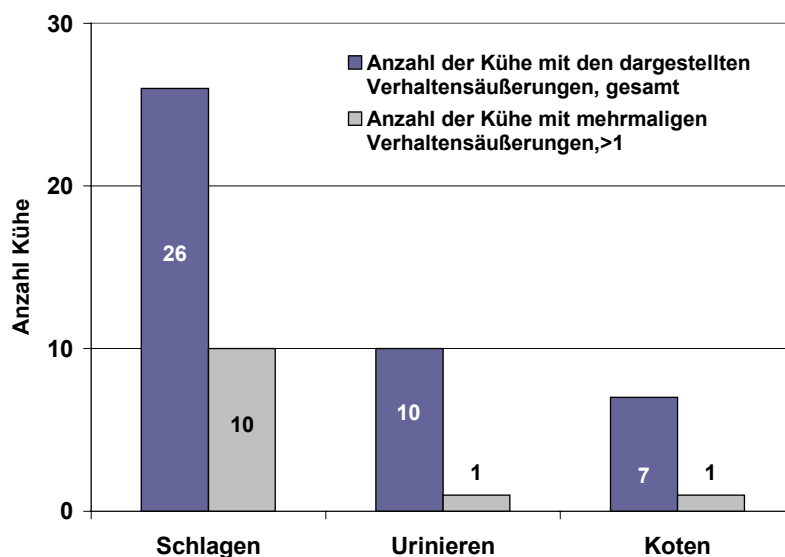


Abbildung 43: Ausgewählte Verhaltensäußerungen von Milchkühen beim Melken mit AMS nach Anzahl der Kühe und Häufigkeit der Verhaltensäußerung
Quelle: eigene Messung

Als Ursache für dieses Verhalten sind größtenteils Störungen beim Ansetzen des Melkzeuges an das Euter zu verzeichnen gewesen.

5 Diskussion

5.1 Temperatur

Die in Kapitel 4.1 dargelegten Ergebnisse des Stallklimaparameters Temperatur wurden in Jahreszeiten erhoben, in denen die klimatischen Bedingungen in Ställen und Melkständen für die Kühe oftmals als belastend bezeichnet werden können. Besonders die im Sommer auftretenden hohen Temperaturen jenseits der 20°C sind für Kühe im betrachteten Leistungsniveau schwierig zu kompensieren und haben auf die Wärmeabgabe der Tiere an die Umwelt einen negativen Einfluss. Niedrige Temperaturen, auch unter dem Gefrierpunkt, werden von laktierenden Kühen bei ausreichender Menge an qualitativ hochwertigem Futter dagegen gut verkraftet.

Für den Sommersversuch 2002 zeigt sich aufgrund der jahreszeitlichen Gegebenheiten, dass etwa 75 Prozent der gemessenen Temperaturwerte sowohl im AMS als auch im Stall die 20°C Marke überschreiten und etwa zu 25 % über 23°C liegen. Der Maximalwert wird mit 35,1°C im AMS erreicht (vgl. Tab. 15). Im Stall liegt die maximale Temperatur bei 28,6°C.

Die Ergebnisse des Winterversuchs zeigen, dass selbst bei starkem Frost (Minimaltemperatur -13,2°C) im Melksystem ausschließlich positive Temperaturen gemessen werden konnten. Die Temperaturen im AMS sind in einem Bereich zwischen 3,4 und 11,2°C angesiedelt; der Bereich der mittleren 50 % reicht im AMS von 5,7 bis 10,5°C. Die Temperaturverhältnisse im Stall passen sich annähernd den Bedingungen außerhalb des Stalles an, bleiben im Vergleich der Minimalwerte jedoch um 6,8°C über den äußeren Temperaturen.

Die Beurteilung und Vergleichbarkeit der klimatische Situation im AMS hinsichtlich der Temperatur mit Literaturwerten ist nur bedingt möglich, da abgesehen von Beschreibungen im AEL Merkblatt 5 (1990), keine separaten Richtlinien für die Klimagegestaltung im Melkständen vorliegen und somit auf Klimatisierungsrichtlinien von Stallräumen zurückgegriffen werden muss. Im AEL Merkblatt 5 (1990) wird angemerkt, dass die Temperatur im Melkstand während des Melkens zwischen 10 und 15°C liegen und auch zwischen den Melkzeiten nicht unter 5°C sinken sollte. Um in Melkständen einen ausreichenden Luftaustausch zu erreichen, können Ventilatoren

mit Förderleistungen von 500-1000 m³/h eingesetzt werden. Die Aussagen, welche im AEL Merkblatt 5 (1990) getroffen werden, stellen das Arbeitsklima für den im Melkstand arbeitenden Menschen sowie das Raumklima zum Schutz der Bauteile im Melkstand in das Zentrum der Betrachtung. Aus diesem Grund ist es nur bedingt möglich, mit den aufgeführten Werten das Klima für die Kühe im Melkstand zu bewerten.

Das Heranziehen der Werte aus den Richtlinien DIN 18910 (1992) bzw. der Information 800.106.01 des Bundesamtes für Veterinärwesen der Schweiz (2002) kann nur als „Hilfswert“ angesehen werden, da sich die DIN 18910 (1992) mit der Klimatisierung wärmegeämmter Ställe befasst. Die Information 800.106.01 des Bundesamtes für Veterinärwesen der Schweiz (2002) geht kurz auf mögliche Anpassungen und Besonderheiten des Stallklimas für Außenklimaställe ein. Tabelle 22 zeigt eine Zusammenstellung der in den einzelnen Klimatisierungsrichtlinien ausgewiesenen Werte für Milchkühe.

Tabelle 22: Richtwerte für die Optimaltemperatur für Rinder nach unterschiedlichen Klimatisierungsnormen (in °C)

<i>Literatur</i>	<i>Temperatur, °C</i>
DIN 18910 (1992) Kühe einschließlich Kälber, Jungvieh, Zuchtbullen Masttiere (bis 800 kg)	0-20 (Winter 10)
Information 800. 106.06 (2002) Milchkühe (10-20 kg Milch pro Tag)	0-15

Quelle: eigene Zusammenstellung nach den aufgeführten Richtlinien

Vor dem Hintergrund der in Tabelle 22 aufgeführten Werte können die Daten aus den eigenen Untersuchungen wie folgt bewertet werden.

Da im Sommersversuch 2002 etwa 75 % der Messwerte im Stall und AMS die 20°C erreichen und 25 % der Werte über 23,9°C (im AMS) bzw. 23,3 (im Stall) liegen, können die klimatischen Bedingungen hinsichtlich der Temperatur in der warmen Jahreszeit als nicht optimal beschrieben werden. Die gemessenen Temperaturen gehen über die Grenzwerte der in Tabelle 22 beschriebenen Richtlinien hinaus. Besonders die innerhalb der Melkbox gemessene Höchsttemperatur von 35,1°C liegt

bei weitem über den Normwerten. WOLF und MARTEN (2002) weisen bei ihren Untersuchungen in unterschiedlichen Stalltypen auf eine mögliche negative Beziehung zwischen der Milchleistung und der täglichen Anzahl von Stunden über 20°C hin. In von den Autoren durchgeführten Untersuchungen konnte bei ansteigenden Stalllufttemperaturen ein zeitlich verzögerter Rückgang der Milchleistung um ca. 10 % beobachtet werden. Als Ursachen eines hitzebedingten Rückganges der Milchleistung werden die verringerte Futteraufnahme sowie die Beeinträchtigung der Vormagenfunktion genannt (GROTH, 1984)

Negative Auswirkungen des Parameters Lufttemperatur auf die Besuchsfrequenz der Kühe im AMS sind durch die Untersuchungen im Winterversuch 2003 im Bereich Stall bzw. AMS nicht zu vermuten, da bei einer durchschnittlichen Herdenleistung von 7500 kg Milch die Wärmeproduktion der Tiere ausreichend ist, um die Körpertemperatur auch bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt zu regulieren. Die innerhalb der Melkbox gemessenen Temperaturen im Winterversuch 2003 sind insgesamt als normal zu bewerten und lassen keine negativen Einflüsse auf den Besuch des AMS durch die Kühe vermuten. Der Vergleich der gemessenen Temperaturen mit den in Tabelle 22 aufgeführten Werten zeigt, dass die Temperatur im Winterversuch 2003 innerhalb der Melkbox den Richtlinien entspricht.

5.2 Relative Luftfeuchte

Die Ergebnisse der Analysen für den Stallklimaparameter rel. Luftfeuchte sind sowohl in Abhängigkeit von der Jahreszeit als auch vom Messort differenziert zu betrachten und zu bewerten. Festzuhalten ist, dass die rel. Luftfeuchte im AMS im Sommerversuch 2002 und im Winterversuch 2003 über der im Stall gemessenen liegt. Während die Spannweiten im AMS und Stall in beiden Jahreszeiten nahezu gleich sind, unterscheiden sich die Verteilungen der mittleren 50 % deutlich voneinander (vgl. Tab. 16). Diese liegen im Sommerversuch 2002 für das AMS zwischen 57 und 75 %, im Stall zwischen 45 und 69 %.

Literaturangaben zu den Optimalwerten für die rel. Luftfeuchte sind analog zu den Temperaturangaben aus der DIN 18910 (1992) sowie der Information 800.106.01 des Bundesamtes für Veterinärwesen der Schweiz (2002) zu entnehmen. Die Tier-

schutz-Nutztierhaltungsverordnung (2001) gibt ebenfalls Bereiche für die optimale rel. Luftfeuchte an. Eine Übersicht dazu bietet Tabelle 23.

Tabelle 23: Optimalbereiche für die rel. Luftfeuchte für landwirtschaftliche Nutztiere (in %)

<i>Literatur</i>	<i>rel. Luftfeuchte, %</i>
DIN 18910 (1992)	60 - 80
Tierschutz- Nutztierhaltungsverordnung (2001)	60 - 80
Information 800. 106.06 (2002)	50 - 80

Quelle: eigene Zusammenstellung nach den aufgeführten Richtlinien

Hier ist jedoch genau wie bei der Bewertung der Temperaturverhältnisse die Tatsache in Betracht zu ziehen, dass diese Werte nur bedingt zur Einschätzung der rel. Luftfeuchte verwendet werden können. Die Ergebnisse der Untersuchungen zur rel. Luftfeuchte müssen, um genauere Aussagen über die mikroklimatischen Bedingungen im AMS und im Stall geben zu können, auch im Zusammenhang mit der Temperatur betrachtet werden.

Vor diesem Hintergrund sind die Werte für die rel. Luftfeuchte gerade im Sommerversuch 2002 als unproblematisch zu bewerten. Trotz der relativ hohen Temperatur liegt die rel. Luftfeuchte in einem Bereich zwischen 60 und 80 %. Dieser Bereich wird in der Literatur als optimal für Rinder beschrieben (BRUNSCH et al. 1996; PELZER 1998). HILLIGER (1990 c) weist anhand von Untersuchungsergebnissen von YECK und STEWART (1959) auf den negativen Einfluss einer zu hohen Luftfeuchte auf die Milchleistung hin.

Die rel. Luftfeuchte innerhalb der Melkbox im Winterversuch muss als zu hoch eingeschätzt werden. So liegt bereits die Hälfte der Beobachtungen über einem Wert von 90 %. Dies ist auch unter Berücksichtigung der von HILLIGER (1990 c) getroffene Aussage, dass bei Optimaltemperatur ein Toleranzbereich von 50- 90 % rel. Luftfeuchte besteht, als zu hoch einzuschätzen. Ein Vergleich der gemessenen rel. Luftfeuchte im Stall mit dem AMS in Bezug auf die rel. Luftfeuchte deutet auf die Ausprägung eines eigenen Mikroklimas innerhalb des AMS hin (vgl. Tab. 16).

5.3 Luftzusammensetzung

Die im Stall integrierten AMS weisen aufgrund ihrer Anordnung sowie ihrer Bauweise besondere mikroklimatische Bedingungen in Bezug auf die Umgebungsgase auf. Die Ergebnisse der Analysen der drei untersuchten Gase Ammoniak, Kohlendioxid sowie Methan werden im Folgenden differenziert diskutiert.

5.3.1 Ammoniak

Die in den Untersuchungen gemessene Ammoniakkonzentration resultiert im AMS zum einen aus der Verschmutzung der Melkbox, welche durch den Eintrag von an den Klauen der Kühe haftenden Exkrementen hervorgerufen wird. Zum anderen entstammt die Verschmutzung den in der Melkbox abgegebenen Exkrementen. Weiterhin muss bei der Bewertung der Ammoniakkonzentration berücksichtigt werden, dass das AMS zentral im Haltungsraum der Kühe positioniert ist und somit von der Grundkonzentration des Ammoniakgehaltes in der Stallluft beeinflusst wird.

Bezogen auf die mittleren 50 % der ermittelten Werte sind im Übergangsversuch 2002 nur geringfügige Unterschiede zwischen AMS und Stall erkennbar. Diese liegen im AMS zwischen 0,39 und 0,82 mg/m³ und im Stall zwischen 0,35 und 0,55 mg/m³. Ähnlich gering sind die Unterschiede im Sommersversuch 2002, welche im AMS zwischen 0,76 und 1,72 sowie im Stall zwischen 0,57 und 1,22 mg/m³ liegen. Die Tatsache, dass der Konzentrationsunterschied von Ammoniak zwischen den Messpunkten AMS und Stall in den Versuchsdurchgängen so gering ausfällt, zeigt dass die klimatischen Bedingungen bezüglich des Parameters Ammoniak nahezu gleich sind und nur geringfügig durch die freie Lüftung beeinflusst werden.

Tabelle 24 gibt Auskunft über die in unterschiedlichen Richtlinien zu findenden Grenzwerte für die Ammoniakkonzentration.

Tabelle 24: Richtlinien für den Gehalt an Ammoniak in der Stallluft (umgerechnet in mg/m³)

<i>Literatur</i>	<i>Ammoniakkonzentration</i>
DIN 18910 (1992)	14,2
Tierschutz- Nutztierhaltungsverordnung (2001)	14,2
CIGR- Norm (1984)	14,2
MAK-Wert	35,3

Quelle: eigene Zusammenstellung nach den aufgeführten Richtlinien

Bezogen auf die in der Literatur zu findenden Analysen hinsichtlich des Stallklimaparameters Ammoniak können die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen als positiv bewertet werden. Zu keinem Zeitpunkt der Untersuchungen wurden die Grenzwerte der Richtlinien weder im AMS noch im Stall auch nur annähernd erreicht. Die jahreszeitlich bedingten Veränderungen in der Höhe der Ammoniakkonzentration gelten im gleichen Maße für das AMS und den Stall.

BRUNSCH et al. (1996) ermittelten bei ihren Untersuchungen zum Ammoniakgehalt der Stallluft in Milchviehställen im Durchschnitt 4,5 mg/m³ Luft, bei Minimalwerten von 0,5 mg/m³ und Maximalwerten von 20,9 mg/m³. Bei Orientierung an diesen Werten kann bezüglich der eigenen Untersuchungen festgehalten werden, dass selbst in den sehr warmen Sommermonaten noch Werte unterhalb von 4,5 mg/m³ gemessen wurden. Durch den außerhalb des Stalles befindlichen Futtertisch verlagert sich das Emissionsgeschehen teilweise nach außen, was sich insgesamt positiv auf eine geringe Ammoniakkonzentration der Stallluft auswirkt.

Die Aussage von OLDENBURG (2002), nach welcher sich die Ammoniakemission mit steigender Temperatur der Zuluft erhöht, kann in den eigenen Versuchen sowohl für die Melkbox als auch in den Stall bestätigt werden. Auf eine nicht bestehende Zwangsläufigkeit dieses Phänomens weisen Untersuchungen in Schweinemastbetrieben hin, nach denen höhere Temperaturen nicht unbedingt höhere Spurengaskonzentrationen zur Folge haben.

5.3.2 Kohlendioxid

Kohlendioxid wird als „Indikatorgas“ für die Qualität der Lüftung in der Literatur beschrieben. Zu große Konzentrationen in der Stallluft weisen auf einen ungenügenden Luftaustausch zwischen Stall und Außenluft hin.

Die Ergebnisse der Analysen hinsichtlich der Kohlendioxidkonzentration in der Stallluft weisen teilweise große Differenzen zwischen den Messorten AMS und Stall auf, die sowohl im Übergangsversuch 2002 als auch im Sommersversuch erkennbar sind. So lagen im Übergangsversuch 2002 die mittleren 50 % der ermittelten Werte im AMS zwischen 1057 und 1498 mg/m³. Die Kohlendioxidkonzentration in der Stallluft war in den Grenzen von 926 bis 1222 mg/m³ angesiedelt. Der Sommersversuch 2002 wies für den Interquartilbereich im AMS Werte zwischen 1329 und 4289 mg/m³ auf und lag damit deutlich über den Konzentrationen im Stall, welche sich zwischen 989 und 1444 mg/m³ bewegten.

Die in der Literatur zu findenden Richtwerte für die Kohlendioxidkonzentration in Ställen sind in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25: Richtlinien für den Gehalt an Ammoniak in der Stallluft (umgerechnet in mg/m³)

<i>Literatur</i>	<i>Kohlendioxidkonzentration</i>
DIN 18910 (1992)	6400
Tierschutz- Nutztierhaltungsverordnung (2001)	5500
CIGR- Norm (1984)	5500

Quelle: eigene Zusammenstellung nach den aufgeführten Richtlinien

Vergleiche zwischen den gemessenen Werten und den Literaturangaben sind nur bedingt möglich, da in den Richtlinien von wärmegedämmten Stallanlagen ausgegangen wird und die eigenen Untersuchungen sich auf die Luftverhältnisse in einem Melksystem und einem frei belüfteten Kaltstall beziehen. Unter Berücksichtigung der in der Literatur beschriebenen Konzentrationen zeigt sich, dass bei den eigenen Untersuchungen im Stall zu keinem Zeitpunkt die Grenzwerte auch nur annähernd erreicht werden (vgl. Tab. 25 und Tab. 17). Die Werte der Kohlendioxidkonzentration

erreichen im Übergangsversuch 2002 sowie im Sommersversuch 2002 nur etwa die Hälfte der in den Richtlinien genannten Grenzwerte.

BRUNSCH et al. (1996) kommen bei ihren Untersuchungen in Milchviehställen auf mittlere Kohlendioxidkonzentrationen von 1734 mg/m^3 bei einer Spannweite von 316 mg/m^3 im Minimum bis 3240 mg/m^3 im Maximum. WOLF und MARTEN (2002) ermittelten bei der Untersuchung der Kohlendioxidkonzentration in 6 unterschiedlichen Kaltställen einen Maximalwert von 1691 mg/m^3 . Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen ordnen sich in die genannten Größenordnungen ein und können für den Messbereich Stall als positives Ergebnis beschrieben werden. Quantitative Untersuchungen von MOTTRAM et al. (1999) zum Gehalt von Kohlendioxid und Methan in der Expirationsluft von Kühen weisen auf noch größere Konzentrationen hin. In der direkten Expirationsluft von elf Kühen wurden Konzentrationen zwischen 3133 ppm Kohlendioxid (5638 mg/m^3) im Minimum und 45014 ppm (81006 mg/m^3) im Maximum gemessen.

Die mikroklimatische Situation für den Parameter Kohlendioxid innerhalb des AMS ist bei den eigenen Untersuchungen durch weit über den Richtlinien liegende Maximalkonzentrationen gekennzeichnet. Diese liegen im Übergangsversuch 2002 bei 22382 und im Sommersversuch 2002 bei 25693 mg/m^3 . Diese Überschreitungen sind unmittelbar mit dem Besuch einer Kuh im Melksystem begründet (vgl. Abb. 28). Bedingt durch die Tatsache, dass die Melkbox nur in einem Intervall zwischen 6 und 12 Minuten durch den Multigasmonitor angesteuert wurde, sind bei der kontinuierlichen Erfassung der Kohlendioxidkonzentration noch höhere Maximalkonzentrationen zu vermuten.

Die geschlossene Bauform des AMS vor allem im Kopfbereich der Kühe soll zu einer ungestörten Kraftfutteraufnahme beitragen. Es kann durch die eigenen Untersuchungen festgehalten werden, dass der Luftaustausch in der Melkbox durch diese bauliche Abschirmung erheblich behindert wird und gerade in den Sommermonaten sich hohe Konzentrationen von Kohlendioxid während einer Melkung ansammeln. Die in den Untersuchungen im Übergangsversuch 2002 und im Sommersversuch 2002 gemessenen Kohlendioxidkonzentrationen im AMS müssen deshalb als zu hoch und die mikroklimatische Situation als ungenügend beschrieben werden.

Vergleichende Untersuchungen an Kraftfutterstationen für Milchkühe, dargestellt in Abbildung 44, welche einem AMS von der Bauform her ähnlich sind, zeigen dass

sich die Kohlendioxidkonzentrationen in ähnlichen Größenordnungen wie im AMS bewegen.

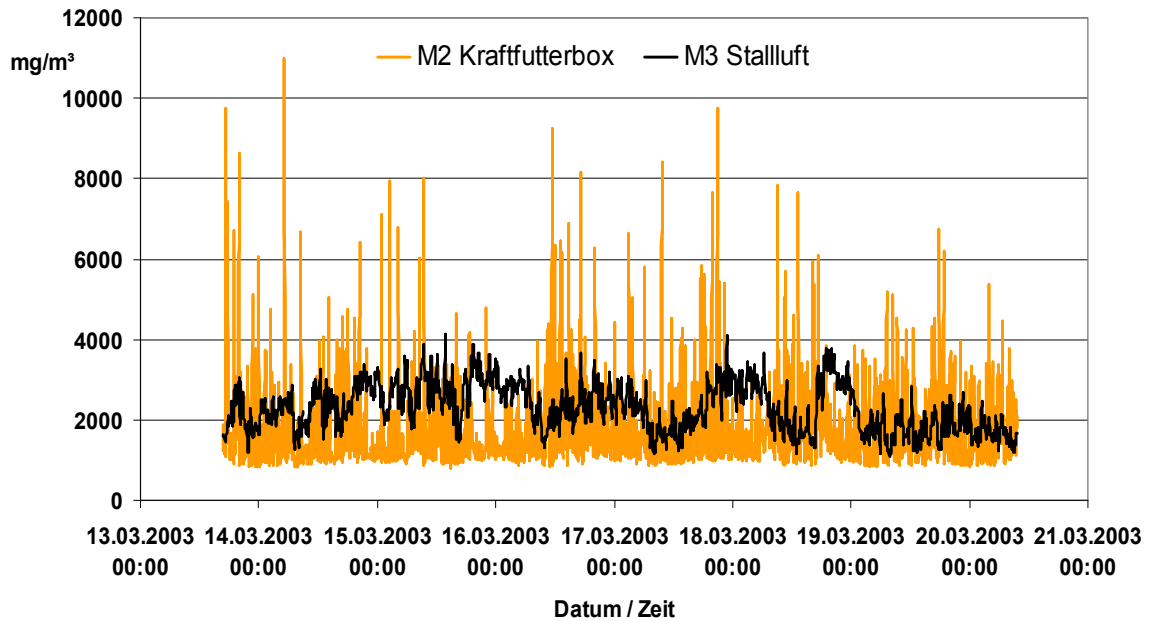


Abbildung 44: Wochenverlauf des Parameters Kohlendioxid an zwei Messpunkten in einem Vergleichsbetrieb (in mg/m³)
Quelle: eigene Untersuchung

Die analysierte Kraftfutterstation wurde während einer Woche auf den Stallluftparameter Kohlendioxid hin untersucht. Hierbei konnten ähnliche Kurvenverläufe wie im AMS aufgezeichnet werden, die zeigen, dass die Kohlendioxidkonzentrationen innerhalb der Box vom Besuch einer Kuh abhängig sind. Der maximal gemessene Wert lag in der Kraftfutterbox lag bei 11000 mg/m³. Die Position der Kraftfutterbox außerhalb des Stalles nahe dem Futtertisch ist der Grund dafür, dass eine Reihe von Werten noch unterhalb der Konzentrationen im Stall lag (vgl. Abb. 43).

5.3.3 Methan

Die Methankonzentration in der Stallluft erreicht bei Anwesenheit einer Kuh im AMS in den vorliegenden Untersuchungen eine maximale Konzentration von 1406,2 mg/m³ (Übergangsversuch 2002). Im Gegensatz dazu war innerhalb des Stalles nur ein Höchstwert von 69,6 mg/m³ zu messen. Die im Sommer 2002 durch-

geführten Messungen weisen noch größere Unterschiede auf. Hier liegen die gemessenen Maximalwerte im AMS bei 1763,3 mg/m³ und im Stall bei 106,7 mg/m³ (vgl. Tab. 19). Die mittleren 50 % der Werte bewegen sich im Übergangsversuch 2002 im AMS zwischen 7,0 und 20,3 mg/m³ und im Stall zwischen 4,9 und 13,1 mg/m³. Die im Sommersversuch 2002 ermittelten Werte im AMS befinden sich zwischen 13,2 und 80,9 mg/m³, während die Konzentration von Methan in der Stallluft zwischen 7 und 19,4 mg/m³ liegt.

Methan ist in fast allen Tierställen nachweisbar und wird unter normalen Bedingungen als unproblematisch beschrieben (van CAENEGEM und WECHSLER 2000). Größer als die Wirkungen auf das Stallklima oder den tierischen Organismus wird der Beitrag von Methan als Treibhausgas beschrieben (RATH und GÄDEKEN 1991; WALCH 1992). Richtwerte wie für die Parameter Ammoniak bzw. Kohlendioxid existieren für den Parameter Methan in Stallanlagen nicht in der DIN 18910 (1992) oder der Tierschutz- Nutztierhaltungsverordnung (2001).

In den von BRUNSCH et al. (1996) unter Praxisbedingungen durchgeführten Untersuchungen in Milchviehställen konnten im Mittel 68 mg/m³ Luft nachgewiesen werden. Die hier gemessenen Minimalmalwerte lagen bei 10, die Maximalwerte bei 179 mg/m³. In Untersuchungen von BRUNSCH et al. (1993) zu unterschiedlichen Alters- und Leistungsgruppen bzw. Haltungsformen in Bezug auf die Spurengaskonzentration konnten die höchsten Methankonzentrationen (100 - 120 mg/m³) für die Variante eingestreuter Anbindestall festgestellt. Die geringsten Konzentrationen wurden in eingestreuten Kälberställen ermittelt und lagen unter einem Wert von 20 mg/m³. Bezogen auf die Spurengaskonzentration lässt sich nach Aussage der Autoren keine Vorzüglichkeit zwischen Verfahren mit oder ohne Einstreu feststellen.

Quantitative Untersuchungen von MOTTRAM et al. (1999) zum Gehalt von Methan in der Expirationsluft von Kühen zeigen Konzentrationen von bis zu 2180 ppm (1426 mg/m³). Die Autoren gehen davon aus, dass das gemessene Methan nicht aus dem Ruktus der Kühe stammt.

Die geringeren Methankonzentrationen bei den eigenen Untersuchungen lassen sich aus der Lage des Messpunktes ableiten (vgl. Tab. 18 u. 19). Auf das physiologische Vorhandensein von Gärgasen in der Atemluft von Wiederkäuern weist KOLB (1980) hin. Nach seinen Angaben hängt die Zusammensetzung der Expirationsluft von der Atemtiefe und das Kohlendioxidvolumen vom Stoffumsatz ab.

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen bezüglich des Stallklimaparameters

Methan deuten auf eine Anreicherung von Methan innerhalb der Melkbox bei Anwesenheit einer Kuh hin (vgl. Tab. 19 und Abb. 34). Diese Konzentrationen gehen weit über das Maß hinaus, welches im Stall gemessen werden konnte und in der Literatur beschrieben ist. Die mikroklimatische Situation hinsichtlich des Methangehaltes in der Melkbox muss aus diesem Grund als verbesserungswürdig beurteilt werden. Die sich summierende Wirkung der einzelnen Stallgase auf die Kuh ist dabei noch unberücksichtigt.

5.4 Schallpegel

Die Notwendigkeit der Beschäftigung mit dem Stallklimaparameter Schall ergibt sich aus der Tatsache heraus, dass seit den zurückliegenden Jahrzehnten eine Vergrößerung der Bestände in der Tierhaltung zu beobachten ist. Steigende Tierzahlen pro Betrieb ziehen den Einsatz größerer Maschinen und Anlagen nach sich, was wiederum die Haltungsumwelt der Tiere prägt (MARSCHANG 1978). Um durch Lärm verursachten negativen Einflüssen vorbeugen zu können, sind weiterführende Untersuchungen des Faktors Lärm in der Tierhaltung notwendig.

Der Ort, an welchem sich die Kühe am häufigsten mit dem Prozessfaktor Schall auseinander setzen müssen, ist der Melkstand. Die Frage, ob die Einwirkung von Schall zu negativen Auswirkungen für Mensch oder Tier führen kann, hängt dabei von einer Reihe von Faktoren ab. Dabei sind die Höhe des Geräuschpegels, die Frequenz des Schalls sowie die Einwirkzeit auf das Individuum als die drei wichtigsten Faktoren zu sehen.

Die in der vorliegenden Arbeit dargelegten Ergebnisse stellen die Ist-Situation in einem Praxisbetrieb dar. Die Analysen der Schallpegelmessungen während einer Melkung im AMS weisen eine große Spannweite auf, welche sich im Kopfbereich der Kuh zwischen 63,3 und 98,8 dB (A) (vgl. Tab. 20) bewegt. Dabei ist in der Phase der Euterreinigung ein besonders hoher Schallpegel auffällig. Dieser erhöhte Schallpegel ist gleichzeitig mit der Verlagerung des Frequenzspektrums in höhere Frequenzbereiche verbunden. Bei einer Frequenz von 2,5 kHz ist ein Schallpegel von 94,2 dB (A) zu messen. Die Einwirkzeit dieses hohen Schallpegels auf die Kuh liegt bei ca. 3,5 Sekunden. Die Untersuchungen zur topographischen Verteilung des Schallpe-

gels zeigen, dass die höchsten Schallpegel im AMS und in dessen unmittelbarer Nähe zu verzeichnen sind. Dabei reichen die Werte von 78,4 dB (A) im AMS bis 62,8 dB (A) auf dem Laufgang (5 m vom AMS entfernt).

In der Literatur sind nur allgemeine Aussagen über Lärmimmissionen im Aufenthaltsbereich von Tieren zu finden. In der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2001) im Paragraph 3 wird zum Thema Lärm folgende Aussage getroffen: „Sofern Lüftungsanlagen, Fütterungseinrichtungen, Förderbänder oder sonstige technische Einrichtungen verwendet werden, muss durch deren Bauart und die Art ihres Einbaus sichergestellt sein, dass die Lärmimmission im Aufenthaltsbereich der Tiere auf ein Mindestmaß begrenzt ist“.

Eine konkretere Aussage bezüglich des zu tolerierenden Schallpegels wird in dem Entwurf zur Verordnung der burgenländischen Tierschutzverordnung (1990) gemacht: „Der Lärmpegel ist so gering wie möglich zu halten. Dauernder oder plötzlicher Lärm ist zu vermeiden. Die Konstruktion, die Aufstellung, die Wartung und der Betrieb der Lüftungs- und Fütterungsanlagen oder anderer Geräte ist so zu gestalten, dass sie so wenig Lärm wie möglich verursachen. Dauernd lärmerzeugende Geräte oder Maschinen im Betrieb müssen so installiert bzw. abgeschirmt sein, dass der Schallpegel im Tierbereich unter 60 dB (A) liegt“.

Wegen des Fehlens geeigneter Verordnungen im Bereich der Nutztierhaltung kann als Grenzwertmaßgabe die Arbeitsstättenverordnung herangezogen werden, nach welcher ein Schallpegel von 85 dB (A) zulässig ist. Ein Pegel in dieser Höhe muss jedoch in Tierhaltungsanlagen kritisch hinterfragt werden, da der Schallpegel in der Größenordnung eines LKW im Straßenverkehrs liegt und Tiere damit erheblichen Belastungen ausgesetzt sind.

BEHREND (2003) geht davon aus, dass Geräuschpegel von 65 bis 70 dB (A) beim Melken dauerhaft nicht überschritten werden sollten. In den vom Autor durchgeführten Untersuchungen zeigte sich, dass 34 Prozent von 61 analysierten Melkständen über der Grenze von 70 dB (A) lagen. Als größte Verursacher von Schall konnten die Pulsatoren, Milchpumpe, Abnahme-Automatik sowie die Melkzeugzwischenspülung und der Kuhumtrieb ermittelt werden. Zu ähnlichen Aussagen kommen ALGERS et al. (1978 b) bei der Untersuchung von 14 Betrieben der Milchproduktion, Fleischrinderhaltung sowie Schweine- und Geflügelhaltung. In Milcherzeugerbetrieben wurden

als größte Lärmverursacher Vakuumpumpen bzw. Kompressoren festgestellt. NOSAL und BILGERY (2002) gehen bei einem Schallpegel von > 65 dB (A) von zu großem Stress sowohl für den arbeitenden Menschen als auch für die Kühe aus. Die Autoren kamen nach der Manipulation (z.B. Einbau von elastischen Schläuchen von der Vakuumpumpe zum Vakuumtank, Installation eines „Vibrationsschluckers“) einer lauten Melkanlage (78,8 dB (A)) auf einen um 20 dB (A) niedrigeren Schallpegel. Dies kam mehr als einer Halbierung der Geräuschkulisse gleich und steigerte den Durchsatz des untersuchten Melkstandes um 2 Kühe pro Stunde.

Der DLG-Prüfbericht 4916 (2000) beschreibt an zwei Messpunkten in unmittelbarer Nähe der Melkbox den Schalldruckpegel in zwei unterschiedlichen Arbeitsphasen eines Melkroboters gleicher Bauart. Dabei werden als Richtwerte auf der eingehausten Seite des Melksystems 78 bis 83 dB (A) beim Ansetzen der Melkbecher und 69 bis 74 dB (A) während einer Melkung angegeben. Auf der Stallseite, etwa drei Meter entfernt vom Melkboxeneingang, erreicht das System 69 bis 71 dB(A) beim Ansetzen der Melkbecher und 66 bis 69 dB (A) während der Melkung. Auf das auftretende Frequenzspektrum wird in diesem Bericht nicht eingegangen und der Geräuschpegel als überwiegend normal beschrieben. Die in den eigenen Untersuchungen gemessenen Werte stimmen mit diesen Angaben auf der eingehausten Seite des Systems nahezu überein. Hier werden durchschnittlich 80 dB (A) gemessen. Zusätzlich zur Schalldruckbelastung von 80 dB (A) kann eine Erhöhung der Frequenzen ab 1 kHz festgestellt werden. Der größte Wert wird bei 2,5 kHz mit einer Frequenz von 94,2 dB (A) dokumentiert. Die Werte des DLG-Prüfberichts 4916 (2000) stimmen mit den eigenen Messungen nahezu überein.

Vergleiche eigener Schalluntersuchungen im Kopfbereich eines AMS mit drei unterschiedlich großen Fischgrätenmelkständen (ebenfalls im Kopfbereich der Tiere) zeigen, dass alle untersuchten Melksysteme verschieden große Spannweiten des Geräuschpegels aufweisen. Die größte Spannweite zeigt das untersuchte AMS mit einem Geräuschpegel von 63,3 dB (A) im Minimum und 98,8 dB (A) im Maximum auf (vgl. Tab. 26). Ein Maximalwert von 98,8 dB (A) im AMS (Kopfhöhe der Kuh) ist als ein viel zu hoher Wert einzustufen, selbst dann, wenn dieser Wert nur bei der Reinigung der Euterbürsten auftritt.

Tabelle 26: Vergleichende Lärmmessungen in einem AMS und drei Fischgrätenmelkständen (FGM), (in dB(A))

	<i>AMS</i>	<i>2 x 4 FGM</i>	<i>2 x 7 FGM</i>	<i>2 x 8 FGM</i>
Minimalwert	63,3	65,5	71,3	68,3
Maximalwerte	98,8	79,3	81,0	88,5
Percentile				
25%	72,2	67,9	72,4	69,8
50%	73,0	68,7	73,3	70,5
75%	74,5	70,1	74,3	72,3
90%	77,7	71,2	75,3	74,0

Quelle: eigene Untersuchung

Die Verbindung dieser hohen Pegelwerte mit einer Verschiebung der Frequenzen in ebenfalls höhere Bereiche muss dabei für die Kühe als besonders belastend bewertet werden (vgl. Kap. 4.4). Es kann vermutet werden, dass eine erhöhte Schallbelastung innerhalb und um das AMS dazu führt, dass Kühe die Bereiche um die Melkbox herum meiden. Weiter entfernt gelegene Liegebereiche könnten von den Kühen bevorzugt werden. Dieses Verhalten führt unter Umständen zu einer geringeren Besuchshäufigkeit der Melkbox.

Auf der Grundlage der von BEHREND (2003) sowie BILGERY und NOSAL (2002) getroffenen Aussagen, können die in den eigenen Untersuchungen ermittelten Schallpegel des AMS als zu hoch und damit als ungünstig angesehen werden. Im untersuchten AMS liegen bereits 75 % der gemessenen Schallpegelwerte über einer Grenze von 72,2 dB (A). 90 % der Werte befinden sich in einem Bereich zwischen dem Minimum und 77,7 dB (A). 10 % der Schallpegelwerte überschreiten diesen Bereich sogar noch. Als besondere Belastung ist dabei die Zeit der Eutervorbereitung zu werten, da die Kühe ca. 2 Minuten erhöhten Schallpegel ausgesetzt sind, die auch in ihrer Frequenz als belastend auf die Kühe wirken.

Der von BEHREND und VEAUTHIER (2003) erwähnte Zusammenhang zwischen der Größe eines Melkstandes bzw. der Raumgröße und dem Schallpegel scheint für ein AMS ebenfalls gültig zu sein. Aufgrund seiner komplexen Bauweise besitzt ein AMS ein sehr kleines Raumvolumen. Dies wird durch die Tatsache noch verstärkt, dass bei

den vielfach im Kopfbereich geschlossenen Melkrobotern der auf die Kühe wirkende Schallpegel, ähnlich wie die Umgebungsgase, nicht entweichen kann.

5.5 Verschmutzung und Keimsituation

Eine sachgerechte Reinigung und Desinfektion von Melkständen ist für die Einhaltung der Qualitätskriterien für Milch und die Erhaltung der Eutergesundheit der Kühe unabdingbar. In Bezug auf eine kritische Betrachtung der Tierhaltung durch den Konsumenten kommt ein weiterer Gesichtspunkt hinzu. Die Sauberhaltung des peripheren Bereiches eines Melksystems ist als erweiterter Verbraucherschutz zu verstehen und sollte auch so in die Betriebsorganisation einfließen.

In den eigenen Untersuchungen wurde versucht, einen Zusammenhang zwischen dem sichtbaren Verschmutzungsgrad und der Keimentwicklung auf der Oberfläche des Systems herzustellen. Zu diesem Zweck wurden in definierten Zeitintervallen Tupferproben von besonders relevanten Punkten des AMS genommen und mit den Aussagen digitaler Bilder zum Verschmutzungsgrad verglichen.

Es zeigt sich, dass sichtbar verschmutzte Flächen nicht zwangsläufig erhöhte Mengen an pathogenen Mikroorganismen aufweisen. Umgekehrt kann nicht davon ausgegangen werden, dass sichtbar saubere Flächen keimfrei sind. Die durchgeführten Untersuchungen bezüglich der Entwicklung des Keimbesatzes weisen jedoch auf eine Reduzierung des Keimgehaltes nach einer Reinigung und Desinfektion bis zu einem nahe keimfreien Status hin (vgl. Abb. 39 und 41). Da der Aufbau der Keimflora nicht als kontinuierlicher Prozess abläuft, scheint es sinnvoll die Oberfläche der Melkeinheit häufiger als von Herstellerseite beschrieben zu säubern.⁶

Der Aufbau der Keimpopulation erfolgt in den eigenen Untersuchungen nach der R+D relativ schnell. So konnten in den Analysen im Sommersversuch 2002 bereits eine Stunde nach der R+D die gleichen Konzentrationen an Bazillen, coliformen Keimen und Streptokokken beobachtet werden wie vor der R+D. Diese Ergebnisse weisen auf die starke Beanspruchung der Melkanlage hin. Bis zu 8 Kühe wurden

⁶ Einerseits ist es möglich, dass hygienische Verhältnisse noch nach vielen Melkungen nach einer R+D vorhanden sind. Andererseits kann bereits nach wenigen Melkungen nach einer R+D ein ungenügender Hygienestatus auftreten.

zwischen zwei Tupferproben und Bildaufzeichnungen im AMS registriert. Das Vorhandensein von Staphylokokken in Konzentrationen von 6-20 KBE kurz nach der R+D lässt sich nur durch eine im Verlauf der Reinigung bereits herabgesetzte Pufferkapazität der Reinigungslösung und eine nicht einwandfreie Reinigung erklären. Die Annahme einer zu geringen Temperatur der Reinigungslösung ist in diesem Zusammenhang unerheblich, da die eingesetzte Peressigsäure in warmer und noch besser in kalter Lösung wirkt. Das Auftreten von Bazillen in den Untersuchungen ist zu vernachlässigen, da diese zu jeder Zeit im Stall auftreten und von ihrer Wirkung her auf das Tier und die Milch unerheblich sind. Das die Keimpopulation auf der untersuchten Fläche einer dynamischen Entwicklung unterliegt wird aus Abbildung 41 deutlich.

Auf das Potenzial der untersuchten Baugruppe hinsichtlich einer möglichen Verschleppung kontagiöser Erreger wird in der Literatur hingewiesen (HAMANN 2001; ZIMMERMANN 2003). Dieses vorhandene Potenzial kann sich zusätzlich durch mangelhafte Melkhygiene und fehlende robotereigene Hygienemaßnahmen noch erhöhen (PALLAS 2002).

Es scheint prinzipiell möglich die Veränderung des Verschmutzungsgrades mittels digitaler Bilder darstellen zu können. So zeigte sich eine Veränderung der Bildpunkte zwischen den Bildern die 4 Stunden nach der R+D aufgenommen wurden und den Aufnahmen nach 8 Stunden verglichen mit dem Anfangszustand. Nach 4 Stunden konnten 8,8 % der Bildpunkte keinem Grauwert zugeordnet werden. 8 Stunden nach der R+D waren es schon 9,6 % der Bildpunkte.

5.6 Tierverhalten in der Melkbox

AMS stellen eine Schnittstelle zwischen Tier und Technik dar. Die Melkbox kann somit als sensibler Bereich der Milchgewinnung mit AMS beschrieben werden. Negative Auswirkungen auf das Tierverhalten in der Melkbox und damit auf das Verschmutzungsgeschehen im System konnten durch den Betrieb eines AMS in den eigenen Untersuchungen nicht nachgewiesen werden. Für keinen der in die Betrachtungen eingeflossenen Verhaltensparameter (vgl. Punkt 4.6) lässt sich ein verstärktes Auftreten dokumentieren, da diese bezüglich der analysierten Melkungen unter einer Grenze von 10 % lagen. Die Verhaltensäußerungen Urinieren bzw. Koten in der Melkbox traten selten auf, so dass diese als zufällig auftretende Ereignisse

gewertet werden können (vgl. Abb. 33 u. 34). In den Untersuchungen konnten von 110 Kühen nur 10 Kühe ermittelt werden, die die Verhaltensäußerung „Schlagen nach dem Melkzeug“ mehr als einmal ausübten. Verschmutzungen der Melkbox im Innenbereich müssen somit auf andere Faktoren zurückzuführen sein. Der Bereich vor dem AMS sollte aus diesem Grunde besonders sauber gehalten werden um zu verhindern, dass Exkrementreste über die Klauen der Tiere in die Melkbox gelangen.

BRADE (2001) ist der Auffassung, dass in einem AMS gemolkene Kühe stärkeren Belastungen ausgesetzt sind als Kühe in einem konventionellen Melkstand. Der Autor begründet seine Aussage mit einer erhöhten Milhcortisolkonzentration und der vermehrt aufgetretenen Verhaltensweise „Trippeln“ bei automatisch gemolkenen Kühen. Diese Erkenntnisse lassen sich aus den eigenen Analysen nicht bestätigen. Die Verhaltensweise „Trippeln“ konnte während der eigenen Untersuchungen nicht beobachtet werden. Selbst die Verhaltensäußerung „Schlagen nach dem Melkzeug“ wurde in den Untersuchungen nur insgesamt 42 Mal beobachtet, was bei einer Gesamtanzahl von 701 Melkungen nur 5,9 % der Beobachtungen entspricht (vgl. Punkt 4.6, Abb. 42).

Erhöhte Herzschlagfrequenzen von Kühen in AMS werden von verschiedenen Autoren beschrieben (WENZEL 1999). UMSTÄTTER 2002 beobachtete in einem Versuch mit freiem Tierverkehr einen Anstieg der Herzfrequenz bereits vor dem Melken im AMS. Die Autorin bezeichnet die Aufregung während des Melkens als unerheblich und erklärt den Trend zu einer erhöhten Herzschlagfrequenz mit der Erwartung der Kühe auf das Futter.

Das Tierverhalten im AMS während der eigenen Untersuchungen kann deshalb als unauffällig gewertet werden.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zur Produktionsumwelt in AMS gehören die Parameter Temperatur, Luftfeuchte, Luftzusammensetzung aber auch die Geräuschbelastung und der Verschmutzungsgrad des Melksystems. Diese im Zusammenhang mit dem automatischen Melken wenig beachteten Umweltfaktoren wurden in der vorliegenden Arbeit untersucht. Da die Auswirkungen der Umweltfaktoren auf das Tier weitgehend unklar sind, bestand das Ziel der Untersuchungen in der Charakterisierung sowie der Bewertung der aufgeführten Stallklimaparameter direkt in der Melkbox und im umgebenen Stallbereich.

Die Analysen wurden in einem Milchviehbetrieb mit 110 Kühen sowie zwei AMS-Einboxenanlagen durchgeführt. Die Melksysteme waren zentral in einem umgebauten Typenstall L201 mit ausgelagertem Futtertisch integriert. Den Kühen standen die AMS, abgesehen von der normalen Reinigungsroutine, rund um die Uhr zur Verfügung. Die Ermittlung der Klimadaten erfolgte in drei Versuchsdurchgängen. Um dabei die jahreszeitlichen Einflüsse zu berücksichtigen erfolgten die Untersuchungen an jeweils sieben hintereinander folgenden Tagen im März und Juni 2002 sowie im Januar 2003. Die Erfassung der Schallbelastung wurde an zwei Tagen realisiert. Die Analyse des Verschmutzungsgrades sowie dessen zeitliche Veränderung wurden nach einem festgelegten Probenplan an zwei Versuchstagen im März 2002 und Juni 2002 durchgeführt. Die Aussagen zum Tierverhalten stützen sich auf 701 beobachtete Melkungen im AMS.

Die im Folgenden aufgeführte Messtechnik diente der Erfassung der Stallklimaparameter:

- Datenlogger TESTO 175 (Temperatur und rel. Luftfeuchte)
- Multigasmonitor 1302 und Mehrprobennehmer 1309 (Stallluftzusammensetzung)
- Environmental Sound Analyser, Nor-121(Schallanalyse)

Mittels Trockentupfverfahren erfolgte die Erfassung der Verschmutzungs- und Keimsituation an relevanten Punkten der Melkanlage. Zusätzlich wurden digitale Bilder der beprobten Fläche aufgenommen, um die Veränderung des Verschmutzungsgrades darzustellen. Die Ergebnisse der Untersuchungen können wie folgt zusammengefasst und daraus die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

1 Temperatur

Die Untersuchungen zeigten das Auftreten von zu hohen Temperaturen innerhalb der Melkbox im Sommer. Eine maximal gemessene Temperatur von 35,1°C ist für die Kühe im AMS als belastend anzusehen. 25 % der gemessenen Werte in der Melkbox lagen über einem Bereich von 23,9°C. Dies ist kritisch vor dem Hintergrund zu sehen, dass sich das AMS in einem Stall mit freier Lüftung und einer großen Luftaustauschfläche befand. Die Sommertemperaturen im AMS folgten denen des Stalls. Für die im Winter gemessenen Temperaturwerte lässt sich festhalten, dass selbst bei strengem Frost von bis zu -13,2°C innerhalb der Melkbox ausschließlich positive Temperaturen zu messen waren. Diese umfassten einen Bereich zwischen 3,4 und 11,4°C und können somit als optimal beurteilt werden.

Schlussfolgerungen: Um den im Sommer auftretenden hohen Temperaturen innerhalb der Melkbox entgegenwirken zu können erscheinen bauliche Veränderungen an der Melkbox notwendig. Die geschlossene Bauweise der Box im Kopfbereich der Kühe wirkt sich nachteilig auf den Austausch der zu warmen Luft aus. Die Möglichkeit der Öffnung des AMS in diesem Bereich führt zu einem schnelleren Austausch der Luft und damit zu einem kühlenden Effekt. Probleme durch die Öffnung des Kopfbereiches im Winter sind nicht zu vermuten, da 50 % der Temperaturwerte im Stall über 0°C lagen. Bei der Betrachtung der Werte für die Sommertemperatur im Stall sollte die Installation eines zusätzlichen Lüfters in Betracht gezogen werden. Damit kann ein erhöhter Luftaustausch sowohl zwischen der Außenluft und der Stallluft als auch zwischen Stallluft und dem AMS realisiert werden.

2 Luftfeuchte

In Versuchsdurchgängen Übergang 2002 und Sommer 2002 konnte der in der Literatur beschriebene Optimalbereich von 60- 80 % rel. Luftfeuchte nicht eingehalten werden. Die Werte lagen im AMS zwischen 34 und 86 %, im Stall zwischen 32 und 82%. Im besonderen der Winterversuch 2003 ging über die angegebenen Grenzen hinaus. So wurden im AMS Werte zwischen 72 und 99 % rel. Luftfeuchte gemessen. Dabei lag jeder zweite gemessene Wert über der 90% Grenze. Die Situation im Stall stellte sich ähnlich dar. Die gemessenen Werte waren zwischen

69 und 96 % rel. Luftfeuchte angesiedelt. Bezogen auf das 50 % Quartil unterscheiden sich AMS und Stall im Sommersversuch 2002 um 12 % und im Winterversuch 2003 um 7 %. Der Einfluss der zu hohen Luftfeuchte wird durch die vorhandene Temperatur noch verstärkt.

Schlussfolgerungen: Die Möglichkeiten auf den Parameter Luftfeuchte im AMS bzw. im Stall einzuwirken, um ihn in den für das Tier bevorzugte Bereiche zu bringen, sind sehr begrenzt. Die Gesamtwettersituation sowie die Möglichkeit von Regulierungsmaßnahmen im Stall spielen in diesem Zusammenhang die größte Rolle. Die Öffnung der Melkbox an der Kopfseite kann hier als einzige Möglichkeit beschrieben werden, das Raumvolumen der Melkbox zu vergrößern und somit die Abführung der Luftfeuchte zu erleichtern.

3 Luftzusammensetzung

Einen wichtigen Parameter der Produktionsumwelt stellt die Luftzusammensetzung dar, deren Veränderungen in der Tierhaltung als normale Erscheinung beschrieben werden können. In den Untersuchungen wurden die Konzentrationen der Gase Ammoniak, Kohlendioxid und Methan im AMS und im Stall analysiert.

Die **Ammoniakkonzentration** bewegte sich insgesamt in allen Versuchsdurchgängen auf einem sehr niedrigen Niveau. So lagen die Interquartilbereiche im AMS während des Übergangsversuchs 2002 zwischen 0,39 und 0,82 mg/m³. Im Stall wurden 0,35 bis 0,55 mg/m³ registriert. Die höchste Konzentration konnte mit 3,18 mg/m³ im AMS gemessen werden. Die Untersuchungen im Sommersversuch 2002 wiesen nur geringfügige Unterschiede zwischen den Ammoniakkonzentrationen im AMS und Stall auf. So lagen die Interquartilbereiche im AMS zwischen 0,76 und 1,72 mg/m³, im Stall konnte ein Bereich von 0,57 bis 1,22 mg/m³ ermittelt werden. Die höchste Ammoniakkonzentration wurde mit 4,64 mg/m³ im Stall gemessen. Die höheren Konzentrationen im Sommersversuch sind durch die bei höheren Temperaturen schneller ablaufenden Umsetzungsprozess in den Exkrementen zu erklären.

Die Konzentration von **Kohlendioxid** in der Stallluft wies zwischen dem AMS und dem Stall erhebliche Unterschiede auf. So lag die im Übergangsversuch 2002 gemessene Spannweite im AMS zwischen 825 und 22382 mg/m³. Im Stall konn-

ten hingegen nur Werte zwischen 813 und 2729 mg/m³ gemessen werden. Ein Zehntel der gemessenen Werte ging im AMS über einen Wert von 2427 mg/m³ hinaus. Die Ergebnisse für den Sommersversuch 2002 zeigten ein ähnliches Bild. Im AMS konnten Werte zwischen 839 und 25693 mg/m³ registriert werden. Die Kohlendioxidkonzentration im Stall lag in den Grenzen von 756 bis 3027 mg/m³. Ein Zehntel der Werte im AMS ging über 7219 mg/m³ hinaus. Im Stall lag diese Grenze bei 1444 mg/m³.

Die erheblichen Differenzen der Kohlendioxidkonzentration zwischen Melkbox und Stall sind durch den Besuch von Kühen im AMS zu begründen. Kohlendioxid als Endprodukt der Atmung sammelt sich während einer Melkung innerhalb der Melkbox stark an. Die bereits erwähnte Bauart des AMS behindert den Luftaustausch zwischen Stall und AMS erheblich. Die im Stall gemessenen Konzentrationen von Kohlendioxid erreichen zu keinem Zeitpunkt die in der Literatur beschriebenen Grenzwerte. Die große Luftaustauschfläche sowie der außerhalb des Stalles befindliche Futtertisch wirken sich somit positiv auf den Parameter Kohlendioxid im Stall aus.

Die Untersuchungen des Stallklimaparameters **Methan** für die Messpunkte AMS und Stall deuteten auf Parallelen zur Kohlendioxidkonzentration hin. Die Methankonzentration wies große Unterschiede in den Spannweiten zwischen AMS und Stall auf. Auch eine jahreszeitliche Veränderung konnte beobachtet werden. Im Übergangsversuch 2002 konnten innerhalb des AMS Werte zwischen 0,2 und 1406,2 mg/m³ ermittelt werden. Für den Stall lagen die Werte zwischen 0,9 und 69,6 mg/m³. Im AMS befanden sich 25% der Werte über 20,3 mg/m³ und im Stall über 13,1 mg/m³. Der Sommersversuch 2002 wies Spannweiten in den Grenzen von 1,4 bis 1763,3 mg/m³ für das AMS und von 0,5 bis 106,7 mg/m³ für den Stall auf. 25% der Werte innerhalb der Melkbox bewegten sich über 80,9 mg/m³ und im Stall über 19,4 mg/m³. Analog zur Kohlendioxidkonzentration wurden die höchsten Methankonzentrationen immer dann gemessen, wenn sich eine Kuh im System befand. Das durch Fermentationsprozesse im Pansen gebildete Methan wird durch den Ruktus im AMS abgegeben und kann aufgrund der Bauweise der Melkbox nicht entweichen. Die im Stall gemessenen Methankonzentrationen sind mit den in der Literatur zu findenden Konzentrationen vergleichbar und als normal zu bewerten.

Schlussfolgerungen: Die geschlossene Form des AMS im Kopfbereich der Kuh sowie der sehr tief ausgearbeitete Futtertrog sollen dazu dienen, den Kühen eine ungestörte Kraftfutteraufnahme zu ermöglichen. Gleichzeitig stellt diese geschlossene Form ein Hindernis beim Luftaustausch zwischen Melkbox und Stall bzw. Außenluft dar. Dies trifft in erster Linie für die Gase zu, die von den Tieren selbst produziert werden (Kohlendioxid, Methan). Die Konzentration von Ammoniak in der Stallluft wird durch die Umsetzungsprozesse in den Exkrementen und der Temperatur bestimmt und ist von der Bauweise des Melksystems unabhängig zu betrachten.

Die Installation eines geeigneten Ventilationssystems innerhalb der Box kann als ein Ansatzpunkt der Modifikation gesehen werden. Eine weitere Möglichkeit der Verbesserung der Luftsituation in einer Melkbox ist in einer Veränderung der Bauhülle der Melkbox zu erkennen. Die Öffnung des Sichtschutzes im Kopfbereich des Systems kann dazu beitragen, die Endprodukte der Atmung schneller aus dem System abzuleiten.

Eine Diskussion darüber, ob Werte der einzelnen Luftkomponenten in den gemessenen Größenordnungen physiologisch unbedenklich sind, oder sich schädlich auf das Verhalten der Kuh bzw. die Gesundheit auswirken scheint überflüssig, wenn man bedenkt, dass es im Sinne des Betreibers eines AMS liegen sollte, optimale Bedingungen für seine Kühe zu schaffen, um die Motivation zum Besuch der Melkbox nicht durch ungenügende klimatische Bedingungen innerhalb der Melkbox negativ zu beeinflussen.

Eine Verbesserung des Mikroklimas in der Melkbox eines AMS sollte sich jedoch nicht ausschließlich an Grenzwerten für einzelne Gase orientieren, da die Manipulationsmöglichkeiten der Luftzusammensetzung innerhalb der Melkbox relativ einfach zu realisieren erscheinen und somit die Frage nach der Höhe der Konzentration des Gases X oder Y irrelevant ist.

Inwieweit sich Modifikationen der Lüftung positiv auf die Luftqualität innerhalb der Melkbox auswirken bzw. das Verhalten der Kühe in der Box beeinflussen würden, müsste Gegenstand nachfolgender Untersuchungen sein.

Bei der Beurteilung von Luftqualitäten in der landwirtschaftlichen Tierhaltung stößt man, besonders bei der Haltung in frei belüfteten Ställen auf verschiedene Pro-

bleme. Die derzeit gültigen Normen, wie z.B. die CIGR- Norm (1984) und DIN 18 910 (1992) legen die Nutzung wärmegeämmter Stallanlagen zu Grunde. Da in der modernen Rinderhaltung zunehmend freibelüftete Außenklimaställe Anwendung finden, ist die Übernahme der beschriebenen Literatur zur Beurteilung des Stallklimas nur bedingt möglich und kann nur als ein Richtwert angesehen werden.

4 Schallsituation

Die Geräuschkulisse innerhalb von Tierhaltungsanlagen gewinnt als ein Parameter der Produktionsumwelt zunehmend an Bedeutung. In den vorliegenden Untersuchungen wurde der Versuch unternommen, die Schallsituation ausgehend vom AMS zu charakterisieren. Dabei sollten Aussagen über den Schallpegel, die gemessenen Frequenzen sowie die topographische Schallpegelverteilung getroffen werden. Belastende Situationen in Bezug auf den Parameter Schall sind immer als ein Produkt aus der Höhe des Schallpegels, der Frequenz sowie der Einwirkzeit der Geräuschkulisse zu betrachten.

Die eigenen Analysen Kopfbereich des AMS deuten auf erhöhte Schallpegelwerte in der Eutervorbereitungsphase hin. Während der Säuberung und Desinfektion der Reinigungsbürsten mittels Wasser und Luftdruck konnte ein maximaler Schallpegel von 98,8 dB(A) gemessen werden. Dieser etwa 3,5 Sekunden andauernde Vorgang war mit einer Verschiebung der Frequenzen in den höherfrequenten Bereich verbunden. Die maximale Belastung lag bei 2,5 kHz und wurde mit einem Schallpegel von 94,2 dB(A) gemessen. Im Kopfbereich der Kuh konnte im AMS eine durchschnittliche Schallbelastung über die gesamte Melkung hinweg von 78,4 dB(A) erfasst werden.

Die topographische Lärmverteilung wies Schallpegelhöhen von 52,6 dB(A) gemessen auf dem Laufgang bei Stallruhe und 78,6 dB(A) während einer Spülung im Melkhaus auf. Um die Messergebnisse untereinander vergleichen zu können, wurde der äquivalente Dauerschalldruckpegel L_{eq} , der sich in einem einfach zu bestimmenden Einzelwert ausdrückt bestimmt. Er wird durch Mittelwertbildung über eine definierte Zeit, für zeitlich wechselnde Schallpegel gebildet.

Die höchsten L_{eq} - Werte wurden in und um das AMS herum gemessen. Diese er-

reichten 78,6 dB(A) während einer Spülung im Melkhaus und 63,2 dB(A) auf dem Laufgang (5m vom AMS entfernt ebenfalls während einer Spülung des Systems). Bei weiterer Entfernung vom AMS sinken die Schallpegel unter einen Wert von 60 dB(A), wenn keine zusätzlichen Schallquellen wie etwa das Entmistungssystem arbeiten. Der Einfluss dieser Quelle auf die Geräuschkulisse im Stall konnte nachgewiesen werden. Zusätzliche Beeinflussungen durch die Ausrüstungsgegenstände im Stall und durch die Fütterung wurden nicht beobachtet.

Schlussfolgerungen: Durch die Positionierungsmöglichkeiten der AMS innerhalb des Stalles ist der von ihnen verursachte Schallpegel, ein direkter Bestandteil der Haltungsumwelt der Kühe. Schallpegelhöhen wie sie bei der Säuberung der Reinigungsbürsten erfasst wurden sind als zu hoch einzustufen. Die kompakte Bauweise macht es erforderlich alle technischen Aggregate (Milchpumpe, Kompressoren etc.) in unmittelbarer Nähe der Melkbox zu installieren. Seitens der Hersteller von AMS muss darüber nachgedacht werden, Bauteile die erheblich zur Geräuschkulisse in einem AMS beitragen, aus dem System auszulagern oder eine bessere Schalldämmung der Lärm verursachenden Bauteile zu installieren.

5 Verschmutzungsgrad und Keimgehalt

AMS sind durch die starke Frequentierung des Melkplatzes einer stärkeren Verschmutzung ausgesetzt. In den durchgeführten Untersuchungen wurde versucht die Entwicklung des Verschmutzungsgrades eines AMS darzustellen und in Verbindung zum Keimgehalt auf den untersuchten Oberflächen zu setzen. Die dazu nach einem definierten Plan genommenen Trockentupferproben wurden auf deren Gehalt an Keimen hin untersucht. Zeitgleich zu den Tupferproben erfolgte die Aufnahme digitaler Bilder der jeweiligen Oberfläche.

Bei der Ermittlung des Ist-Zustandes zu Beginn der Untersuchungen konnten Keimbelastungen im Bereich von >20 KBE für Streptokokken und coliforme Keime festgestellt werden, die den umweltassoziierten Keimen zuzuordnen sind. Sie benötigen für ihr Überleben nicht das Euter, können jedoch zu ernsthaften Mastitisinfektionen führen. In den Untersuchungen zeigte sich, dass mittels R+D ein nahezu keimfreier Status erreicht werden konnte; der Aufbau der Keimpopulation nach der R+D geht jedoch rasch vonstatten. Bereits eine Stunde nach der R+D

waren im Sommersversuch 2002 die Gehalte von Steptokokken und coliformen Keimen in einer Größenordnung wie vor der Reinigungsmaßnahme nachzuweisen.

Die Analysen zu Veränderungen des Verschmutzungsgrades an relevanten Punkten der Melkeinheit zeigten, dass mithilfe digitaler Bilder und deren Auswertung die Möglichkeit einer Beschreibung von Verschmutzungsveränderungen besteht. Vier Stunden nach der R+D konnten verglichen mit dem Zustand nach der R+D 8,8% der Bildpunkte keinem Grauwert zugeordnet werden. Acht Stunden nach der R+D waren es schon 9,6% der Bildpunkte.

Schlussfolgerung: Die Hygiene der Milchgewinnung mit AMS spielt eine entscheidende Rolle um die Qualität der Milch und einen hohen Gesundheitszustand der Kühe zu sichern. Dem automatisierten Milchentzug steht ein hoher manueller Aufwand für die R+D der Peripherie des Melksystems gegenüber. Aufgrund des schnellen Wachstums der Keimpopulation und des sich diskontinuierlich entwickelnden Verschmutzungsgrades ist es geboten die in der Praxis anzutreffende Reinigungsroutine zu überdenken. Die Veränderung der Reinigungsfrequenz der Oberfläche von AMS macht es erforderlich mögliche Erfassungsmethoden von Verschmutzungen der Melkeinheit zu sichten und zu erproben. Im Sinne eines unterstützungsfreien Melkens ist es weiterhin notwendig, Reaktionsmaßnahmen auf ungenügende hygienische Verhältnisse automatisch ablaufen zu lassen. Eine Möglichkeit der Reinigung der entsprechenden Bereiche liegt in der Anbringung von Düsen, die mittels Reinigungslösung und Druck die Säuberung vornehmen.

Als präventive Maßnahmen gegen Verschmutzungen der Melkeinheit ist ein hohes Maß an Stallhygiene von Bedeutung. Dabei kommt dem Management der Liegeboxen sowie der Laufwege besondere Bedeutung zu. Dennoch entbindet eine optimierte Stallhygiene den Betreiber eines AMS nicht von seiner Pflicht, das System hinsichtlich der Produktionshygiene zu überprüfen und im Bedarfsfall selbst zu reagieren.

6 Tierverhalten

Um mit AMS erfolgreich arbeiten zu können ist der Betreiber der Anlage auf den freiwilligen und regelmäßigen Besuch der Kühe angewiesen. Anzeichen dafür, dass Kühe ungern das System aufsuchen sind oftmals in einer ungenügenden Besuchsfrequenz bzw. in unerwünschten Verhaltensäußerungen innerhalb der Box zu erkennen.

Von insgesamt 701 beobachteten Melkungen bei 110 Kühen wurde bei nur 42 Melkungen ein Schlagen nach dem Melkzeug festgestellt. Diese Verhaltensäußerung wird nur von 10 Kühen öfter als ein Mal ausgeführt. In nur 11 bzw. 8 Fällen konnte ein Absetzen von Kot bzw. Urin in der Melkbox beobachtet werden, was aufgrund des seltenen Auftretens als zufälliges Ereignis gewertet werden kann. Ein mehrmaliges Absetzen von Exkrementen konnte nur bei jeweils einer Kuh registriert werden. Nur ein Mal wurde ein Brüllen in der Melkbox dokumentiert.

Schlussfolgerungen: Der Betrieb von AMS lässt in den vorliegenden Untersuchungen keine negativen Rückschlüsse auf das Tierverhalten zu. Die ausschließlich in der Melkbox verabreichten Kraftfuttergaben reichen aus, um ein ruhiges stehen der Kühe während des Milchentzuges sicherzustellen.

7 Literaturverzeichnis

- AEL-Merkblatt 5 (1990): Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V., Merkblatt 5, Beheizung und Lüftung von Melkständen
- Algers et al. (1978 a): Algers B.; I. Ekesbo; S. Strömberg (1978): Algers, B.; I. Ekesbo; S. Strömberg: The Impact of continuous Noise on Animal Health. Acta Veterinaria Scandinavica Supplementum 67, Skara
- Algers et al. (1978 b): Algers B.; I. Ekesbo; S. Strömberg (1978): Algers, B.; I. Ekesbo; S. Strömberg: Noise measurement in farm animal environments. Acta Veterinaria Scandinavica Supplementum 68, Skara
- Algers, B. und P. Jensen (1985): Communication during suckling in the domestic pig. Effects of continuous noise. Applied Animal Behaviour Science (14), p. 49-61
- Anderson et al. (1987): Anderson, K.L.; T.G. Nagaraja; J.L. Morill; T.B. Avery; S.J. Garlitzer; E.J. Boyer: Ruminal microbial development in conventionally or early-weaned calves, Journal of Animal Science (64), p.1215
- Arbeitsstättenverordnung: Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung-ArbStättV), 20. März 1975, zuletzt geändert am 25. November 2003
- Artmann, R. (1994): Entwicklungsstand automatischer Melksysteme. Landtechnik (49), S. 121-214
- Becker, T. (2000): Quality Policy and Consumer Behaviour in the European Union. Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel, S.56
- Behrend, S. (2003): Jede dritte Melkzeit ist zu laut! top agrar. 9/2003, S. R8-R11
- Behrend, S. und Veauthier, G. (2003): Die Krachmacher im Stall ruhig stellen. top agrar, 10/2003, S. R18-R21
- Berges, M. (1999): Rechnet sich der Melkroboter im Familienbetrieb? in: Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra, S. 66-69

- Berglund et al. (2002): Berglund, I.; G. Pettersson; K. Svennersten-Sjaunja: Automatic milking: effects on somatic cell count and teat end-quality. *Livestock Production Science* (78), p. 115-124
- Berner, H. und M Schaller (1986): Hygienisch-bakteriologische Untersuchungen von Liegematten in Milchviehställen. V. internationaler Kongress für Tierhygiene, 13-15. September, Hannover, S. 229-235
- Beyer, D. (1983): Untersuchungen über die Auswirkungen tieffliegender Flugzeuge auf endokrinologische und physiologische Parameter bei tragenden Rindern. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- Bianca, W. (1968): Neuzeitliche Ergebnisse und Aufgaben der Bioklimatologie bei Haustieren. *Tierzüchter* (20), S. 438-442
- BMVEL: Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2003, Teil C, Punkt 1.3, Lebensmittelqualität, S. 51
- Bockisch et al. (1999): Bockisch, F.J.; T. Jungbluth; A. Rudovsky: Technische Indikatoren für die Beurteilung einer tiergerechten Haltung von Rindern, Schweinen und Legehennen. *Züchtungskunde* 71 (1), S. 38-63
- Brade, W. (2001): Nutzung von Melkautomaten: Aktueller Stand, Milchqualität und Milchhygienerecht. *Der praktische Tierarzt* 82 (5), S. 372-380
- Brehme, G. (2003): Richtig messen mit „Innova“. *Landtechnik* 3/2003, S. 196-197
- Bruce, J.M. (1986): Lower critical temperatures for housed beef cattle. *Farm Building Progress* 84, p. 23-28
- Brunsch et al. (1992): Brunsch, R.; S. Gurk; O. Kaufmann: Messung der Konzentration von umweltrelevanten Gasen in der Tierhaltung mit Hilfe der photoakustischen Spektralanalyse- Methode und erste Ergebnisse. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt- Universität zu Berlin, R. Agrarwissenschaften* 41, S.83-86

- Brunsch et al. (1993): Brunsch, R.; S. Gurk; O. Kaufmann: Multigasmonitoring als Beitrag zur Bewertung der Umweltrelevanz von Verfahren der Tierhaltung. Tagungsband, Bau und Technik in der Tierhaltung, Gießen, S. 35-43
- Brunsch et al. (1996): Kaufmann, O.; T. Lüpfer; R. Brunsch: Rinderhaltung in Laufställen, Ulmer Verlag Stuttgart, S. 19
- Brunsch (1999): Brunsch, R.: Stoff- und Wärmeproduktion in Geflügelställen, Habilitationsschrift, Humboldt- Universität zu Berlin
- Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. Fassung vom 14.5. 1990; §§ 1
- Busse, F. W. (1990): Untersuchungen des Stallklimas. Der Praktische Tierarzt 1/1990, S. 26-29
- CIGR (1984): Climatisation of animal houses. Report of CIGR Working Group No 13, Commission Internationale du Genie Rural, Aberdeen ,U.K.
- de Koning et al. (2002): de Koning, K.; Y. van der Vorst; A. Meijering: Automatic Milking Experience and Development in Europe. The First North American Conference On Robot Milking, Toronto, p. II-8 - II-14
- DGV: Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V.: Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem. 4. Auflage, Gießen, 2002
- Dietze, U. (1998): Studienarbeit zum Thema Maschinenakustik,
<http://www.imu.tu-clausthal.de/wwwrd/projekte/equip/studiarbeit/frequb.html>
- DIN 1320: Akustik. 06/97, Grundbegriffe
- DIN 1946: Teil 1: Raumluftechnik (Terminologie und graphische Symbole- VDI-Lüftungsregeln), Beuth Verlag, Berlin, 1988
- DIN 1946: Teil 2: Raumluftechnik (Gesundheitstechnische Anforderungen- VDI-Lüftungsregeln), Beuth Verlag, Berlin, 1994

- DIN 18005: „Schallschutz im Städtebau“, Berechnungsverfahren mit Beiblatt 1, 1. April 1977
- DIN 18910, Wärmeschutz geschlossener Ställe, Wärmedämmung und Lüftung, Planungs- und Berechnungsgrundlagen. Beuth Verlag GmbH, 1992
- DIN ISO 8402-1: Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung, Anmerkungen zu Grundbegriffen, Beiblatt zu DIN ISO 8402, Entwurf, Nov.1992, Beuth- Verlag; Berlin
- DLG Prüfbericht 4916: Deutsche Landwirtschafts- Gesellschaft e.V., Fachbereich Landtechnik- Prüfstelle für Landmaschinen, Groß- Umstadt, 2000, S. 15-16
- Dobson, H. und R.F. Smith (2000): What is stress, and how does it affect reproduction? Animal Reproduction Science (60-61), p. 743-752
- Dodd et al. (1966): Dodd, F.H.; F.K. Neave; R.G. Kingwill; C.C. Thiel; D.R. Westgarth: The importance of hygiene in the control of udder disease. 17th international Dairy Congress, München, S. 383-390
- Dögl, R. (1986): Strategisches Qualitätsmanagement im Industriebetrieb: pragmatischer Ansatz zur Erklärung und methodischen Handhabung des Qualitätsphänomens, Göttingen, S.76 ff
- Eichhorn, H. (1999), (Hrsg.): Landtechnik. 7. Auflage. Verlag Ulmer, Stuttgart
- Erath, R. (1984): Untersuchungen über die Auswirkungen von Fluglärm auf endokrinologische und physiologische Parameter bei in Paddocks gehaltenen tragenden Stuten. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- Geidel, S. (2002): Die Rolle von Melktechnik und- hygiene bei der Qualitätssicherung, Milchpraxis 1/2002, S. 52- 57
- Groth, W. (1984): Der Einfluss des Stallklimas auf die Gesundheit und Leistung von Rind und Schwein, Zbl. Vet. Med. B, 31, Verlag Paul Parey, S. 561-584
- Hamann, J. (2001): Aktuelle Aspekte zum Einsatz automatischer Melkverfahren. Deutsche tierärztliche Wochenschrift 108, 3/2001, S. 110-112

- Hartung, J. (1988): Zur Einschätzung der biologischen Wirkung von Spurengasen der Stallluft mit Hilfe von zwei bakteriellen Kurzzeittests. Fortschr. Ber. VDI- Reihe 15, Nr. 56
- Hartung, J. und V.R. Phillips (1994): Control of Gaseous Emissions from Livestock Buildings and Manure Stores. Journal of agricultural Engineering Research (57) p. 173-189
- Hartung, E. und G.J. Monteny (2000): Emission von Methan und Lachgas aus der Tierhaltung - eine Literaturstudie. Landtechnik (55), 4/2000, S. 288-289
- Hartung, E. (2001): Ammoniak - Emissionen der Rinderhaltung und Minderungsmaßnahmen, KTBL- Schrift 406, Emissionen der Tierhaltung- Grundlagen, Wirkungen und Minderungsmaßnahmen, S. 63-72
- Heffner, Henry E. (1998): Auditory awareness. Applied Animal behaviour Science (57), p. 259-268
- Heidenreich (2002 a): Heidenreich, T.: Lüftungsprobleme in Offenställen, Landtechnik 4/2002, S. 228
- Heidenreich (2002 b): Heidenreich, T.: Vermeidung von Hitzestress bei Hochleistungskühen. Milchpraxis (40) 2/2002, S. 76-77
- Hemming, J. (1998): Reihenerkennung im Pflanzenbau mit Hilfe der Computerbildanalyse. In: Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft. Workshop 1999/2000. Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 19, S. 25-35
- Hemsworth et al. (2000): Hemsworth, P.h.; G.J. Coleman; J.L. Barnett; S. Borg: Relationships between human- animal interactions and productivity of commercial dairy cows, Journal of Animal Science (78), p. 2821-2831
- Hessel et al. (2002): Hessel, E. F.; B. Krausbauer; H. van der Weghe: Automatisches Melken: Systematische Einflussfaktoren auf das Verhalten von Milchkühen im Wartebereich und deren Besuchsfrequenz im AMS. Züchtungskunde 74 (5), Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, S. 320-329

- Heuwieser, W. (1982): Der Einfluß von Fluglärm auf die Trächtigkeit des Rindes unter besonderer Berücksichtigung endokrinologischer und physiologischer Faktoren. Dissertationsschrift, Tierärztliche Hochschule Hannover
- Heyer, E. (1972): Witterung und Klima. Teubner- Verlagsgesellschaft
- Hilliger, H.G. (1990): Stallgebäude, Stallluft und Lüftung. Ein technischer Ratgeber für Tierärzte, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- Hinz, A. (2000): Einsatz von automatischen Bildverarbeitungssystemen in der Fleischwirtschaft. in: Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft. Workshop 1999/2000. Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 25, S. 68- 72
- Hopster et al. (2002): Hopster, H.; R. M. Bruckmaier; J.T.N. Van der Werf; S.M. Korte; J. Macuhova; G. Korte-Bouws; C.G. van Reenen: Stress Responses during Milking; Comparing Conventional and Automatic Milking in Primiparous Dairy Cows, Journal of Dairy Science (85), p. 3206-3216
- Information 800.106.01 (2002): Stallklimawerte und ihre Messung in Nutztierhaltungen. Bundesamt für Veterinärwesen, Schweiz, Bern
- Jansen, J. und W. Laatz (1994): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Springer Verlag, S. 199
- Jensen, P. (1995): Individual variation in the behaviour of pigs- noise or functional coping strategies? Applied Animal Behaviour Science (44), p. 245-255
- Jentsch et al. (2001): Jentsch W.; M. Derno; O. Weiher: Wärmeabgabe der Milchkühe in Abhängigkeit von der Leistung - eine Studie. Archiv für Tierzucht, Dummerstorf 44, 6, S. 599-610
- Johnson, K. A. und D. E. Johnson (1995): Methane Emission from cattle. Journal of Animal Science (73), p. 2483-2492
- Kalisch, J. und W. Schuh (1979): Einfluss der Schadgase Ammoniak (NH₃) und Schwefelwasserstoff (H₂S) in der Stallluft auf die Mastleistung der Schweine. Tierärztliche Umschau (34), 1979, S. 34-45

- Keister et al. (2002): Keister, Z.O.; K.D. Moss; H.M. Zhang; T. Teegerstrom; R.A. Edling; R.J. Collier; R.L. Ax: Physiological Responses in Thermal Stressed Jersey Cows Subjected to Different Management Strategies. *Journal of Dairy Science* (85), p. 3217-3224
- Kliche et al. (1978): Kliche, R.; G. Mehlhorn; K. Beer: Untersuchungen zum Nachweis gasförmiger Luftverunreinigungen in großräumigen kompakten Milchviehställen. *Monatshefte für Veterinärmedizin* (33), 12/1978, S. 921-927
- Knappstein et al. (2002): Knappstein, K.; G. Suhren; I. Clawin-Rädecker; J. Reichmuth: Erprobung automatischer Melksysteme (AMS) unter den Gesichtspunkten ökonomischer, hygienischer und ökologischer Aspekte, des Tierschutzes sowie struktureller Auswirkungen auf die Rinderhaltung. Teil 2: Aspekte der Euter Gesundheit und Milchhygiene, *Berichte über Landwirtschaft Band 80* (2), Landwirtschaftsverlag Münster, 07/2002, S. 281- 303
- Köhler, S. (2002): Nutzung von Prozessparametern automatischer Melksysteme für die Erkennung von Eutererkrankungen unter Verwendung der Fuzzy Logic. Dissertation, Humboldt- Universität zu Berlin
- Köhler et al. (2002): Köhler, W.; G. Schachtel; P. Voleske: Biostatistik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 3. Auflage, S.1
- Kolb, E. (1980): Lehrbuch der Physiologie der Haustiere. Teil 2 Kap. 9: Die Physiologie der Atmung, Gustav Fischer Stuttgart, S. 479-505
- Kowalewsky et al. (1999): Kowalewsky, H. H.; B. Lehmann; J. Bartels: Warum Milchviehhalter einen Melkroboter kaufen. in: *Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra*, S. 8-9
- Kramer et al. (1999): Kramer, A.; B. Haidn; H. Schön: Energieströme beim liegenden Rind - Einflüsse der Liegefläche. Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 4. internat. Tagung, S. 141-146
- Krüger, K. J. (1982): Einfluß von Fluglärm auf die Trächtigkeit des Pferdes unter besonderer Berücksichtigung physiologischer und endokrinologischer Faktoren. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- Marschang, F.(1978): Zum Problem: Lärm in der modernen Tierzucht und -haltung. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* (85), 1/1978, S. 28-32

- Mc Adie et al. (1993): Mc Adie, T.M.; T.M., Foster; W. Temple; L.R. Matthews: A method for measuring the aversiveness of sound to domestic hens. *Applied Animal Behaviour Science* (37), p. 223-238
- Mehlhorn, G. (1985): Mikroflora im Stall- Ein wichtiger tierhygienischer Faktor. V. Internationaler Kongress für Tierhygiene, Hannover, 10. -13. September, Band I
- Mehlhorn, G. und C. SCHEIDLER (1973): Ergebnisse der Messungen des Schalldruckpegels in Milchviehanlagen. *Monatsheft Veterinärmedizin* (28), S. 807-813
- MilchVO: Verordnung über Hygiene- und Qualitätsanforderungen an Milch und Erzeugnisse auf Milchbasis (Milchverordnung) vom 24. April 1995, zuletzt geändert am 20. Juli 2000
- Model, I. (2002): Möglichkeiten zur Überprüfung und Auswertung von Hygienemaßnahmen im Melkbereich. Tagungsband, Jahrestagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V., Dresden, S. 28-34
- Mothes, E. (1977): Stallklima. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, S. 54-56
- Mottram et al. (1999): Mottram, T.; H. Whay; P. Hobbs; P. Richards; L. Short; J. Hartung: Automatisierte Beprobung der Ausatemluft von freilaufenden Milchkühen zur Bestimmung der Emission luftverunreinigender Gase. Tagung: Bau, Technik, und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Hrsg.: Institut für Landtechnik der TU München- Weihenstephan, S. 45-50
- Nauheimer, H. und J.H. Weniger (1986): Auswirkungen einer Temperaturbelastung von Milchkühen. *Züchtungskunde* 60, S. 388- 397
- Neumüller, O.-A. (1987): RÖMPPS Chemie-Lexikon, PI- S, Band 5. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart
- Nosal, D. und E. Bilgery (2002): Lärm und Vibration in Melkanlagen. *AGRAR- Forschung* 9 (1), S. 4-7

- Oldenburg (2002): Oldenburg, J.: Emission und Immission von Schadgasen und Geruchstoffen. in: Methling, W., J. Unselt (Hrsg.): Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleittieren. Parey Buchverlag Berlin, S. 20-27
- Oldenburg (2002 a): Oldenburg, J.: Emission von Lärm. in: Methling, W., J. Unselt (Hrsg.): Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleittieren. Parey Buchverlag Berlin, S. 34-38
- Ordloff, D. (1984): A System for Automatic Teat- Cup Attachment. Journal of agricultural Engineering Research (30), p. 65-70
- Pallas, S. (2002): Analyse von Eutergesundheit und Rohmilchqualität im automatischen Melksystem. Dissertation, Freie Universität Berlin
- Pallas, S. und K. Wendt (2001): The development of udder health of a dairy cow herd in automatic milking system. International Conference: Physiological and technical aspects of machine milking, Nitra
- Pearson, C.C und T.J. Sharples (1995): zitiert in: Seedorf und Hartung (Hrsg.): Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung, KTBL-Schrift 393, 2002, S. 10
- Pelzer, A. (1998): Klimagestaltung in Milchviehställen. Milchpraxis (36), 2/1998, S. 70-75
- Phillips, C.J.C. (1993): Cattle behaviour. Farming Press Books, Ipswich, U.K.
- Rabold, K. (1986): Vollautomatisches Melken - Erste Ergebnisse aus Tierverhaltens- und physiologischen Untersuchungen. Landtechnik (41), 5/1986, S. 224-229
- Rasmussen et al. (2002): Rasmussen, M.D.; M. Bjerring; P. Justesen; L. Jepsen: Milk Quality on Danish Farms with Automatic Milking Systems. Journal of Dairy Science 85, p 2869-2878
- Rath, G. und D. Gädeken (1990): Milchproduktion beeinflusst das Weltklima. Der Tierzüchter 43 (3), S. 103-105
- Report of the scientific comitee, (1997): The welfare of intensively kept pigs: http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/oldcomm4/out17_en.pdf

- Rossing, W. (1990): Entwicklungen beim automatischen Melken. Robotereinsatz in der Landwirtschaft am Beispiel des Melkens, VDI/MEG Kolloquium Landtechnik, Heft 9, Tagung Braunschweig - Völkenrode, S. 202-212
- Rushen et al. (1999): Rushen, J.; A.M.B. De Passille; L. Munksgaard: Fear of People by Cows and Effects on Milk Yield, Behaviour, and Heart Rate at Milking. *Journal of Dairy Science* (82), p. 720-727
- Rushen et al. (2001): Rushen, J.; L. Munksgaard; P.G. Marnet; A.M. De Passille; Human contact and the effects of acute stress on cows at milking. *Applied Animal Behaviour Science* (73), p. 1-14
- Sambras et al. (2002): Sambras, H.H.; H. Schön; B. Haidn: Tiergerechte Haltung von Rindern. in: Methling, W.; J. Unselm (Hrsg.): Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleittieren, Parey Buchverlag Berlin, S. 281-332
- Schäffer et al. (2001): Schäffer, D.; V. Marquardt; G. Marx; E. Von Borell: Lärm in der Nutztierhaltung- eine Übersicht, unter besonderer Berücksichtigung der Schweinehaltung. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* (108), S. 60-66
- Schramek, E.-R. (1999), (Hrsg.): Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage Verlag Oldenbourg
- Schriever, K. (1985): Untersuchungen über den Einfluß von Fluglärm auf physiologische, endokrinologische und ethologische Kriterien bei freilaufenden und stallgehaltenen tragenden Sauen. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- Schweitzer, W. und Baumgartner, C. (1992): Off-line-Qualitätskontrolle und statistische Versuchsplanung. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* No. 1, S. 75- 100
- Spensley, J. und J. Hartung (1994): Einfluss von Geräuschen auf einzeln gehaltene Jungschweine. DGV-Tagung, 8.-9. März, Hannover
- Sportanlagenlärmschutzverordnung: Achtzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes- Immissionsschutzgesetzes (Sportanlagenlärmschutzverordnung- 18. BImSchV), 18. Juli 1991

- Stephan, E. (1991): Lärmemissionen aus der Nutztierhaltung - Ursachen, Wirkungen, vermindernende Maßnahmen. Deutsche tierärztliche Wochenschrift (98), 7/1991, S. 256-257
- Stefanowska et al. (1999): Stefanowska, J.; A.H. Ipema; M.M.W.B. Hendriks: The behaviour of dairy cows in an automatic milking system where selection for milking takes place in the milking stalls. Applied Animal Behaviour Science (62), p. 99-114
- Stockinger, C. und A. Weiß (1997): Stand der Technik, Stallsysteme, Wirtschaftlichkeit, erste Erfahrungen. KTBL- Arbeitspapier 248, Automatisches Melken (AMS), S. 60-67
- Technische Anleitung Lärm (1998) TA Lärm: Sechste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionschutzgesetz. 26. August 1998
- Testo, (o.J.): Einführung in die Schallmesstechnik, Elektronisches Messen physikalischer und chemischer Werte, 1. Auflage
- Thurm, U. (1990): Die mechanischen Sinne: Hören, Tasten. in: Maelicke, A., (Hrsg.), Vom Reiz der Sinne. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim
- Trunk, W. (1995): Ökonomische Beurteilung von Strategien zur Vermeidung von Schadgasemissionen bei der Milcherzeugung- dargestellt für Allgäuer Futterbaubetriebe. Kovač Verlag Hamburg
- Umstätter, Ch. (2002): Tier-Technik-Beziehung bei der automatischen Milchgewinnung. Dissertation, Humboldt- Universität zu Berlin
- Umweltatlas Berlin 2002:
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/d702_01.htm
- van Caenegem, L und B. Wechsler, B. (2000): Stallklimawerte und ihre Berechnung. Schriftenreihe der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon, Nr. 51, S. 39
- Veauthier (1999): Veauthier, G.: Sieben Fabrikate im Überblick, in: Melkroboter für Ihren Betrieb?, top agrar extra, S.10-17

- VDI- Richtlinie 2058: Verband Deutscher Ingenieure, VDI- Richtlinie 2058, Blatt 1: Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft, Düsseldorf, 1985
- Verkehrslärmschutzverordnung: sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmverordnung- 16. BImSchV), 12.Juli 1990
- von Borell (1999): von Borell, E.: Ist Wohlbefinden ein Produktionsfaktor? Züchtungskunde 71, (6), S. 473-481
- von Borell (2000): von Borell, E.: Mechanismen der Bewältigung von Stress. Archiv für Tierzucht, Dummerstorf (43), S. 441-450
- Waiblinger et al. (2002): Waiblinger, S.; C. Menke; G. Coleman: The relationship between attitudes, personal characteristics and behaviour of stockpeople and subsequent behaviour and production of dairy cows. Applied Animal Behaviour Science (79), p. 195-219
- Walch, H.: Landwirtschaft bald größter Ozonkiller? DLG Mitteilungen 107 (4), S. 71-72
- Waynert et al. (1999): Waynert, D.F.; J.M. Stookey; K.S. Schwartzkopf- Genswein; J.M. Watts; C.S. Waltz: The response of beef cattle to noise during handling. Applied Animal Behaviour Science (62), p. 27-42
- Wendt et al. (1998): Wendt, K.; K. H. Lotthammer; K. Fehlings; M. Spohr: Handbuch Mastitis. Kamlage- Verlag, Osnabrück
- Wenzel, C. (2001 a): Erste ethologische Empfehlungen zum Management von Milchrindern beim Melken in einem automatischen Melksystem. Tierärztliche Umschau 56, 1/2001, S. 21-24
- Wenzel, C. (2001 b): Automatisches Melken aus Sicht der Verhaltenskunde und des Tierschutzes. Deutsche tierärztliche Wochenschrift 108, 3/2001, S. 113-115
- Wenzel et al. (1999): Wenzel C.; S. Schönreiter; J. Unshelm: Untersuchungen zum Verhalten und zur Belastung von Kühen beim Melken in einem Automatischen Melksystem (AMS). KTBL- Schrift 382, Landwirtschaftsverlag Münster- Hilstrup, S. 121-129

- Wesselink, W. (1992): Die ersten Melkroboter in der Praxis. top agrar, 12/92, R6-R8
- West et al. (2003): West, J.W.; B.G. Mullinix; J.K. Bernard; Effects of Hot Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. Journal of Dairy Science (86), p. 232-242
- Wirtz et al. (2003): Wirtz, N.; K. Oechtering; E. Pfeffer; E. Tholen; W. Trappmann: Untersuchungen zum Einsatz des Automatischen Melkverfahrens (AMV). Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr -und Forschungsschwerpunktes USL, S. 43-45
- Wolf, J. und F. Marten (2002): Untersuchungen zum Stallwetter in Außenklimaställen für Milchkühe unter besonderer Berücksichtigung des Tierverhaltens, Forschungsbericht, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg- Vorpommern, Institut für Tierproduktion Dummerstorf
- Wollrab, J. (1989): Eutergesundheitsstörungen. in: Busch, W.; K. Elze; W. Lange (Hrsg.): Grundriss der Tiergesundheitslehre, Gustav Fischer Verlag, Jena, S. 236-259
- YECK, R.G. und R. E. Stewart (1959): A ten-year summary of the psychrometric laboratory dairy cattle research at the University of Missouri. Transact. Amer. Soc. Agric. Eng. 2, p. 71-77
- Zimmermann, A. (2003): Vergleich verschiedener Verfahren zur Beurteilung der mikrobiellen Kontamination der Melkzeuge bzw. der Melkanlage und möglicher Beziehungen zur Melktechnik und Eutergesundheit. Dissertationsschrift, Tierärztliche Hochschule Hannover

8 Anhang

8.1 Ergänzende Abbildungen



Abbildung 45: Mehrboxenanlage, WESTFALIA „Leonardo“
Quelle: top agrar



Abbildung 46: Einboxenanlage, Lely „Astronaut“
Quelle: eigenes Foto



Abbildung 47: Seitenansicht des Milchviehstalles
Quelle: eigenes Foto

8.2 Danksagung

Ich möchte mich bei all denjenigen bedanken, die mich bei der Vorbereitung und Durchführung der Versuche sowie der Verfassung meiner Arbeit unterstützt haben.

Herrn Prof. Dr. Otto Kaufmann gilt mein besonderer Dank für die Überlassung des Themas, die zahlreichen Anregungen, die jederzeit gewährte Hilfe sowie die vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Die Durchführung der stallklimatischen Untersuchungen ermöglichte mir Familie Schulz. Für die unkomplizierte und freundliche Unterstützung im Stall ein herzliches Dankeschön.

Bei Herrn Ullrich Stollberg vom ATB Potsdam- Bornim möchte ich mich für die Anpassung der im Stall eingesetzten Messtechnik bedanken.

Wichtige Hinweise bezüglich der statistischen Auswertungen erhielt ich von Frau Dr. Bärbel Kroschewsky. Auch Ihr möchte ich an dieser Stelle meinen Dank aussprechen.

Dem IASP an der Humboldt- Universität zu Berlin, vertreten durch Herrn Dr. Stefan Köhler, möchte ich für die finanzielle Unterstützung danken.

Allen Mitarbeitern des Fachgebietes Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik des Institutes für Nutztierwissenschaften gilt mein Dank für die vielseitige Unterstützung zur Erstellung der Arbeit. Besonders jedoch möchte ich mich bei Frau Ortrud Lehmann für die Hilfe bei der Beschaffung der verwendeten Literatur bedanken.

Danken möchte ich abschließend meiner Freundin Jasmin für die Ermutigungen, ihre Geduld und das Verständnis während der Anfertigung der Arbeit.

8.3 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, die vorliegende Dissertationsschrift selbständig und ohne weitere als die angegebenen Hilfsmittel erarbeitet und verfasst zu haben.

Berlin, den 13. April 2004